



## เครื่องควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์

โดย

นายณราธิป ศรีละโคตร	รหัสนักศึกษา B4701729
นายสมโชค จากรณ์ย์	รหัสนักศึกษา B4704713
นางสาววราภรณ์ พรหมมาศ	รหัสนักศึกษา B4711162

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษารายวิชา 427494 โครงการงานศึกษาวิศวกรรมโทรคมนาคม

และ 427499 โครงการงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

ประจำภาคการศึกษาที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2550

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุงพ.ศ. 2546

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงการ	เครื่องควบคุมแสงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์	
ผู้ดำเนินงาน	1. นายนราธิป ศรีละ โคตร	รหัสประจำตัว B4701729
	2. นายสมโชค จากรณ์ย์	รหัสประจำตัว B4704713
	3. นางสาววราภรณ์ พรหมมาศ	รหัสประจำตัว B4711162
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ร.อ. ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ภาคการศึกษา	2/2550	

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาเรื่อง เครื่องควบคุมแสงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์ โดยทำการออกแบบให้แสงโซลาร์เซลล์สามารถหมุนหาทิศทางของแสงอาทิตย์ได้โดยอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์เพื่อหมุนปรับทิศทางของแสงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางของแสงอาทิตย์เพื่อให้รับพลังงานได้อย่างเต็มที่และคุ้มค่าที่สุด เครื่องควบคุมแสงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยวงจรที่สำคัญ ได้แก่ วงจรชาร์จแบตเตอรี่ วงจรแปลงแรงดันกระแสตรง วงจรเปรียบเทียบแรงดัน และวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ โดยที่วงจรเปรียบเทียบแรงดันจะทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันที่รับมาจากเซนเซอร์แสงแต่ละตำแหน่งที่ติดตั้งไว้ โดยที่เอาต์พุตจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะมีสถานะเป็น ON และ OFF ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผล จากเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันนี้ เพื่อทำการขับสเต็ปมอเตอร์ให้หมุนแสงโซลาร์เซลล์ไปตามทิศทางของแสงอาทิตย์

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานเรื่อง เครื่องควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์นี้ได้รับ  
ประสบความสำเร็จด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ในการให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ ใน  
ระหว่างการดำเนินการจากบุคคลหลายท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษา รวมทั้ง  
ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงานครั้งนี้

บุคคลเหล่านี้ประกอบไปด้วย

- ผศ.ร.อ. ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาในด้านต่างๆทั้งทาง  
วิชาการและ การปฏิบัติงานและควบคุมการทำงานอย่างใกล้ชิด รวมถึงการให้แนวคิด  
และแนะแนวทางในการเขียนรายงาน ให้แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด
- คุณประพล จาระตะคุ หัวหน้าอาคารศูนย์เครื่องมือ 3 ที่ช่วยเหลือและติดต่อ  
ประสานงานเรื่องเอกสารและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานเกี่ยวกับงบประมาณ  
ตลอดจนอุปกรณ์และ เครื่องมือต่างๆที่ใช้ดำเนินโครงการ
- คุณมณีนรัตน์ ทุมพงษ์ เลขานุการประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำหรับคำแนะนำ  
ในการจัดทำรายงาน

จึงเห็นสมควรที่จะมอบคุณคุณความดี และเกียรติคุณเหล่านี้แด่ท่านที่กล่าวมานี้ รวมถึง  
บุคคลที่มีได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ด้วย

นายนาธิป ศรีละโคตร

นายสมโชค จากรณ์ย์

นางสาววราภรณ์ พรหมมาศ

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันได้มีการใช้พลังงานในประเทศเป็นอย่างมาก ในแต่ละปีนั้นเราจะต้องใช้งบประมาณหลายหมื่นล้านบาทที่สูญเสียไปกับค่าเชื้อเพลิงที่ได้จากธรรมชาติได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ และมีแนวโน้มว่าค่าใช้จ่ายจะต้องสูงขึ้นทุกปี ประกอบกับแหล่งพลังงานแบบ Non-Renewable ซึ่งมีอย่างจำกัดก็ร่อยหรอลงไปทุกที การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้มากที่สุด โดยได้อาศัยสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เราเรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เพื่อที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานเพิ่มเติมจากแหล่งพลังงานอื่นๆ ที่จะหมดไปในอนาคต

เหตุที่ทำให้เราสนใจแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์นั้นที่หลายประการยกตัวอย่างเช่น

1. มีปริมาณมหาศาล
2. ไม่มีวันหมดไปจากโลก ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระบบสุริยะ
3. ไม่ทำให้เกิดมลภาวะ (Pollution) ถ้าคิดเฉพาะดวงอาทิตย์

สำหรับปัญหาของการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้นั้นเกิดจากเช่น พลังงานแสงอาทิตย์มีความเข้มแสงสูงไม่พอ รังสีดวงอาทิตย์ไม่มีตลอดเวลา เช่น เวลาที่ท้องฟ้าปกคลุมด้วยก้อนเมฆ หรือในเวลากลางคืน

สำหรับประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรของโลก ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากกว่าประเทศในแถบอื่นๆ เช่น แถบยุโรป และแถบอเมริกา และยังมีแสงอาทิตย์อยู่ตลอดทั้งปี ซึ่งสามารถนำเอาพลังงานจากแสงมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างจริงจังจะสามารถลดอัตราการใช้เชื้อเพลิงได้เป็นจำนวนมากในแต่ละปี ในการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า นั้น ยังมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ ในโครงการนี้เลือกที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในด้านการรับแสง โดยพิจารณาจากการแผ่รังสีบนพื้นราบและพื้นเอียง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อทำการออกแบบระบบควบคุมการหมุนของแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อให้แผงโซลาร์เซลล์ได้รับแสงที่มีความเข้มของแสงมากที่สุด
2. เพื่อศึกษาการประมวลผลค่าความเข้มแสงเพื่อใช้เป็นเซ็นเซอร์ในการหาทิศทางของดวงอาทิตย์
3. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมพิกัดของโซลาร์เซลล์ภาครับแสงอาทิตย์
4. เพื่อศึกษาการควบคุมสเตปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

## 1.3 ขอบข่ายของงาน

1. ศึกษาการทำงานของเซนเซอร์ (Sensor) แสงแบบต่างๆ ไอซีเปรียบเทียบแรงดันและสเตปป์มอเตอร์
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของสเตปป์มอเตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ทำการออกแบบกลไกในการเคลื่อนพิกัดของสเตปป์มอเตอร์ เพื่อหมุนแผงโซลาร์เซลล์ให้ปรับทิศทางตามแสงอาทิตย์เพื่อรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุด
4. ทำการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบทั้งหมดและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษา ค้นคว้าหาข้อมูล
2. จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในโครงการ
3. ศึกษาและเขียนโปรแกรม ควบคุมมอเตอร์
4. ออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องควบคุมแผงโซลาร์เซลล์
5. ออกแบบกลไกในการทำงานของการหมุนแผงโซลาร์เซลล์
6. เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน
7. ทดลองการทำงานของระบบควบคุมและปรับแก้ระบบ
8. สรุปผลการทดลอง และจัดทำรายงาน

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการประกอบวิชาชีพ
2. สามารถนำความรู้ทางทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ
3. สามารถทำงานเป็นทีมได้

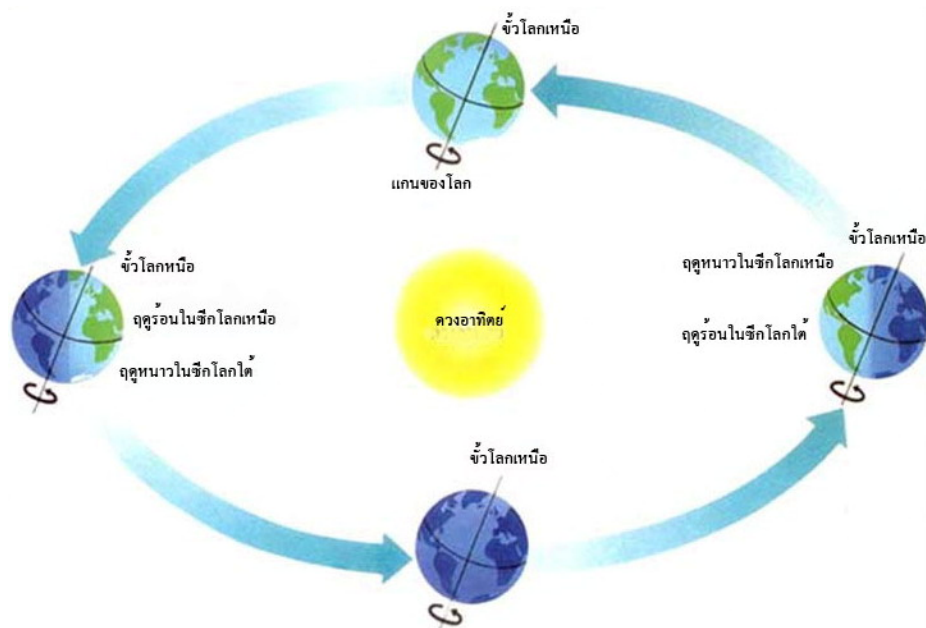
## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การโคจรของดวงอาทิตย์

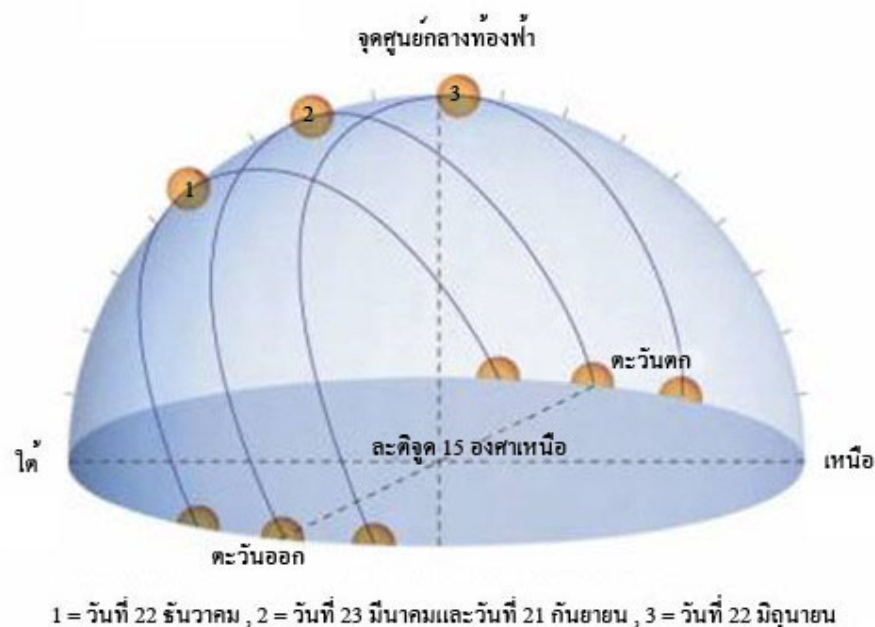
ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่สำคัญที่เป็นแหล่งให้แสงสว่าง และพลังงาน อยู่ห่างจากโลกมาก แต่ก็ทำให้โลกอบอุ่นได้ การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทุกอย่างบนโลกขึ้นอยู่กับรังสีจากดวงอาทิตย์ เป็นสำคัญ

แกนโลกเอียงทำมุม 23.30 องศากับระนาบวงโคจรของดวงอาทิตย์ทำให้อากาศมีการเปลี่ยนแปลงเกิดฤดูกาลที่เหมาะสมขึ้น ความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสอากาศและของน้ำในมหาสมุทร ภูมิอากาศจะแตกต่างกันไปตามส่วนต่าง ๆ ของโลก บริเวณที่ร้อนที่สุดของโลกได้แก่บริเวณที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ทุกๆ วัน แต่ในเวลากลางคืนอากาศจะเย็นลงเล็กน้อย ส่วนบริเวณที่หนาวที่สุดของโลกได้แก่ บริเวณที่อยู่รอบ ๆ ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ ซึ่งไม่เคยรับแสงอาทิตย์โดยตรงแม้เป็นเวลาเที่ยงวันก็ตาม ดังนั้นบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงเป็นเขตที่มีภูมิอากาศร้อนและมีฝนตกชุก ในแต่ละวันจะมีอากาศร้อนและความกดอากาศโดยทั่วไปต่ำ ความร้อนจากแสงแดดทำให้น้ำระเหยอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดเมฆและมีฝนตกในตอนบ่าย ส่วนบริเวณที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรทั้งเหนือและใต้จะมีอากาศแห้งแล้ง



รูปที่ 2.1 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

เนื่องจากแกนของโลกเอียง 23.30 องศา จากเส้นดิ่งกับระนาบการโคจรและอาการเอียงจะขึ้นเป็นทางเดียวกันเสมอ จะทำให้ภาพที่ปรากฏบนท้องฟ้า ณ ตำแหน่งหนึ่งเปลี่ยนไปอย่างต่อเนื่องตลอดปีและจะกลับมาเหมือนเดิมอีกครั้งเมื่อโลกกลับมาถึงตำแหน่งเดิมในวงโคจรสำหรับปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวัน ในวันที่ 22 ธันวาคม แสงอาทิตย์จะส่องแสงตั้งฉากที่เส้นทรอปิกออฟแคปริคอร์น หรือ 23.30 องศาใต้ หรือ วันเริ่มต้นฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ หรือ วันเริ่มต้นฤดูร้อนในซีกโลกใต้สำหรับประเทศไทยจะสังเกตเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้จากปรากฏการณ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นในช่วงมีข้าวเหลืองเต็มนาเก็บเกี่ยวข้าวของประเทศไทยพอดีจึงเรียกว่า ตะวันอ้อมข้าว หรือ ตะวันอ้อมใต้ จะสัมพันธ์กับวิถีสุริยะดวงอาทิตย์จะอยู่ระหว่างกลุ่มดาวแมงป่องกำลังเคลื่อนสู่กลุ่มดาวคนยิงธนู



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

#### หมายเหตุ

การส่องแสงตั้งฉากของแสงดวงอาทิตย์จะอยู่ระหว่าง 23.30 องศาเหนือ - 23.30 องศาใต้ โดยจะผ่านเส้นศูนย์สูตร 2 ครั้งในรอบ 1 ปี

- วันที่ 22 มิถุนายน แสงอาทิตย์จะตั้งฉากที่เส้นทรอปิกออฟแคนเซอร์ 23.30 องศาเหนือ (ซีกโลกเหนือ)
- วันที่ 23 มีนาคม และ 21 กันยายน ดวงอาทิตย์ส่องแสงตั้งฉากที่ศูนย์สูตร
- วันที่ 22 ธันวาคม แสงอาทิตย์จะส่องแสงตั้งฉากที่ เส้นทรอปิกออฟแคปริคอร์น หรือ 23.30 องศาใต้



การโคจรของโลกกับภาพท้องฟ้ากับแสงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันที่ปรากฏบนท้องฟ้า ณ  
ละติจูดต่างๆ ในตอนเที่ยงวันที่ 22 ธันวาคม หรือ ละติจูด 23.30 ได้ จะเห็นว่า

1. ถ้าแสงดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันส่องข้ามขั้วโลกได้ ข้ามไปฝั่งตรงกันข้ามถึงละติจูด 66.30 องศาใต้ทางตะวันตก แสดงว่า พื้นที่โลกระหว่าง 60.30 องศาใต้ถึง ขั้วโลกใต้ (90 องศาใต้) จะสว่างตลอด 24 ชั่วโมง
2. ขั้วโลกใต้ (90 องศาใต้) จะเห็นดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันอยู่สูงจากขอบฟ้าด้านเหนือ 23.30 องศาและดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ปรากฏในแนวนานกับเส้นขอบฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง
3. ที่เส้นแอนตาร์กติกเซอร์เคิล หรือ 60.30 องศาใต้ ดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันจะอยู่สูงจากขอบฟ้าด้านเหนือ 47 องศา
4. ที่เส้นทรอปิคออฟแคปริคอร์น หรือละติจูด 23.30 ใต้ ดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันส่องแสงตั้งฉากที่นี้ จึงเห็นดวงอาทิตย์อยู่ที่ศูนย์กลางท้องฟ้า ( $Z = \text{Zenith}$ )
5. ที่เส้นศูนย์สูตร หรือละติจูดศูนย์องศา ดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันจะเอียงไปทางขอบฟ้าด้านใต้สูงจากขอบฟ้าด้านใต้ 66.30 องศา
6. ที่เส้นทรอปิคออฟแคนเซอร์ หรือ ที่ละติจูด 23.30 เหนือ จะเห็นดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันเอียงไปทางขอบฟ้าด้านใต้ และสูงจากขอบฟ้าด้านใต้ 53 องศา
7. ที่เส้นอาร์กติกเซอร์เคิล หรือ 60.30 องศาเหนือ จะเห็นดวงอาทิตย์อยู่ที่ขอบฟ้าด้านใต้ แสดงว่าดวงอาทิตย์ขึ้น 12.00 น. และตกเวลา 12.00 น. ดวงอาทิตย์ปรากฏที่ขอบฟ้าด้านใต้อยู่ชั่วอึดใจเดียว ดังนั้นพื้นที่จากเส้นอาร์กติกเซอร์เคิลไปถึงขั้วโลกเหนือ (90 องศาเหนือ) จะมีตลอด 24 ชั่วโมง
8. ที่ขั้วโลกเหนือจะมีตลอด 24 ชั่วโมง และ ดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันจะอยู่ต่ำกว่าขอบฟ้า -23.30 องศา

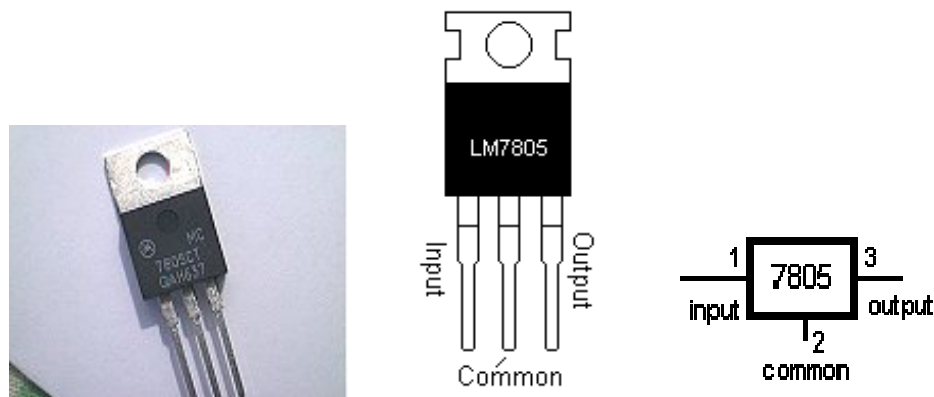
#### หมายเหตุ

ให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง วัน เดือน ปี และตำแหน่งของผู้สังเกตุดูประกอบกับ มติสัมพันธ์  
ระหว่าง ดวงอาทิตย์ และโลก

## 2.2 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง

### การใช้งาน ไอซีเรกกูเลเตอร์ 78xx

ไอซีเรกกูเลเตอร์ 78xx เป็นไอซี ที่ใช้ในวงจรควบคุมแรงดันให้คงที่ โดยมีค่าแรงดัน 5 V, 12 V, 15V จ่ายกระแสได้ 1 A แต่ถ้าเป็นเบอร์ 79xx จะให้แรงดันไฟลบออกมา เช่น -15V, -9V เป็นต้น

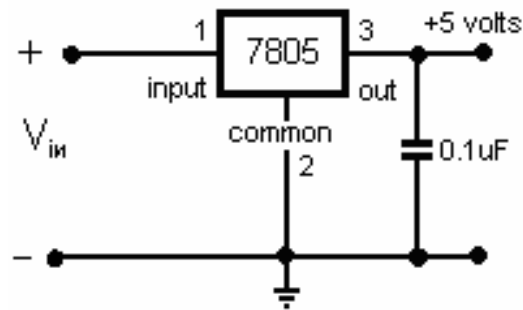


รูปที่ 2.3 ลักษณะรูปร่างภายนอก และขาใช้งาน

### ตารางที่ 2.1 เบอร์ไอซีและค่าแรงดันใช้งาน

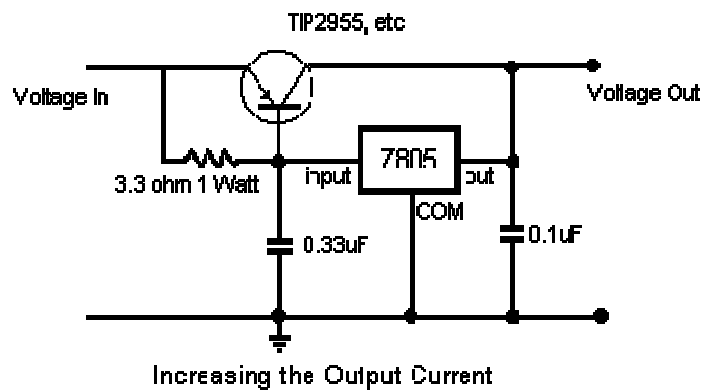
Name	Voltage
LM7805	+ 5 volts
LM7809	+ 9 volts
LM7812	+ 12 volts
LM7815	+15 volts
LM7905	- 5 volts
LM7909	- 9volts
LM7912	- 12volts
LM7915	- 15 volts

ไอซี 7805 ใช้แปลงไฟ DC เป็น 5 โวลต์ DC



รูปที่ 2.4 วงจรคงค่าแรงดันไฟฟ้าขนาด 5 V ด้วยไอซี 7805

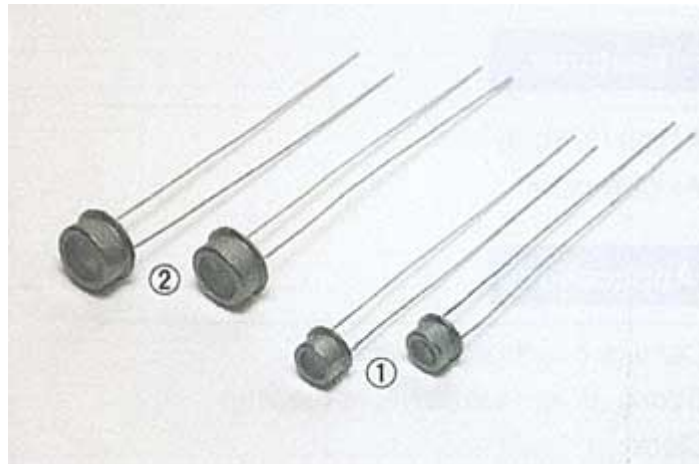
การต่อวงจรใช้งานเราสามารถต่อได้ดังรูปที่ 2 ในวงจรจากรูปจะเห็นว่าแรงดันเอาต์พุตออกมา 5 โวลต์เมื่อใช้ไอซีเบอร์ 7805 ในวงจรประกอบด้วยตัวเก็บประจุ 0.1uF ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณบกวนความถี่สูงที่เข้ามาทำความเสียหายให้กับไอซี ถ้าใช้กระแสมากควรคิดแผ่นระบายความร้อนให้กับไอซีด้วยและถ้าต้องการที่จะให้มีกระแสมากขึ้นต้องใช้ทรานซิสเตอร์แบ่งกระแสให้กับไอซีดังรูปที่ 2.7



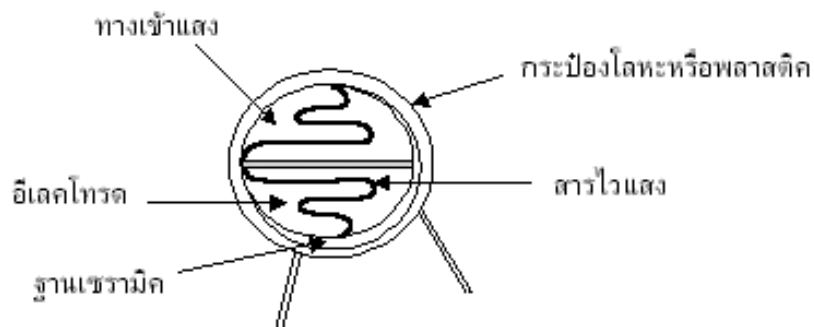
รูปที่ 2.5 แสดงการต่อทรานซิสเตอร์เพื่อเพิ่มกระแสให้มากขึ้น

### 2.3 ตัวต้านทานไวแสง (Light Independent Resistor)

ตัวต้านทานไวแสงหรือเรียกสั้น ๆ ว่า LDR ทำมาจากสารแคดเมียมซัลไฟด์ (Cds) หรือ แคดเมียมซีลีไนด์ (Cdse) ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดกึ่งตัวนำมาฉาบบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรอง แล้วต่อขาคจากสารที่ฉาบเอาไว้ ออกมาดังโครงสร้างในรูปที่ 2.9



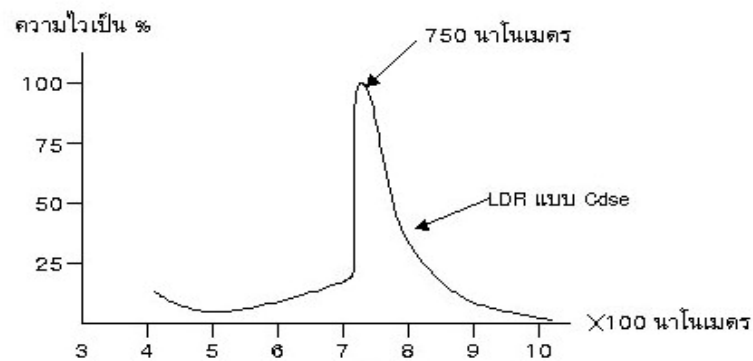
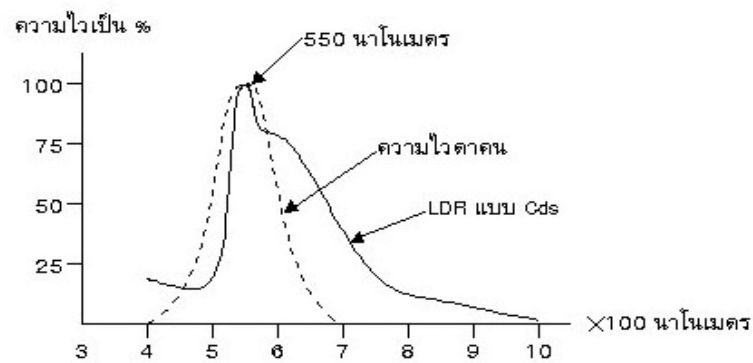
รูปที่ 2.6 ตัวอย่าง LDR



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของ LDR

#### คุณสมบัติทางแสง

LDR ไวต่อแสงในช่วงคลื่น 400-1000 นาโนเมตร ( $1 \text{ นาโนเมตร} = 10^{-9} \text{ เมตร}$ ) ซึ่งครอบคลุมช่วงคลื่นที่ไวต่อตาคน (400-700 นาโนเมตร) นั่นคือ LDR ไวต่อแสงอาทิตย์และแสงจากหลอดไส้ หรือ หลอดเรืองแสง และยังไวต่อแสงอินฟราเรดที่ตามองไม่เห็นอีกด้วย (ช่วงคลื่นตั้งแต่ 700 นาโนเมตรขึ้นไป)



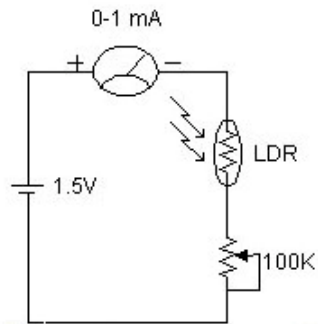
รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความไวของ LDR ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน เทียบกับตาคน

### คุณสมบัติทางไฟฟ้า

อัตราส่วนของความต้านทาน LDR ขณะที่ไม่มีความสว่างกับในขณะที่มีแสง อาจมีค่าต่างกัน 100, 1,000, 10,000 เท่า แล้วแต่แบบหรือรุ่น ความต้านทานในขณะไม่มีความสว่างจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5 mW ขึ้นไป และความต้านทานในขณะที่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 kW ลงมาจนแรงดันสูงสุดได้มากกว่า 100 โวลต์ และทนกำลังไฟได้ประมาณ 50 mW

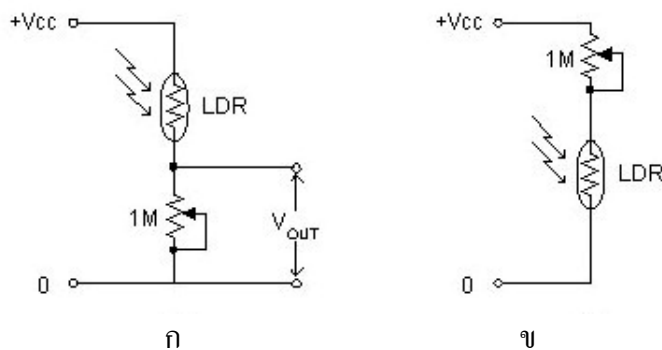
### การนำ LDR ไปใช้งาน

จากหลักการดังกล่าวแล้วจะเห็นว่าเมื่อมีแสงสว่างมากที่ตัว LDR กระแสที่ไหลผ่านตัว LDR จะสูง เนื่องจากมีความต้านทานต่ำ และเมื่อไม่มีแสงความต้านทานของ LDR มีค่าสูง ทำให้กระแสไหลได้น้อย เราจึงอาจนำ LDR ไปเป็นส่วนประกอบของมิเตอร์วัดความเข้มแสงได้ดังนี้



รูปที่ 2.9 การใช้ LDR เป็นส่วนประกอบของวงจรมิเตอร์วัดแสงอย่างง่าย

นอกจากนี้เราอาจใช้ LDR ในวงจรควบคุมด้วยแสงได้ดังนี้

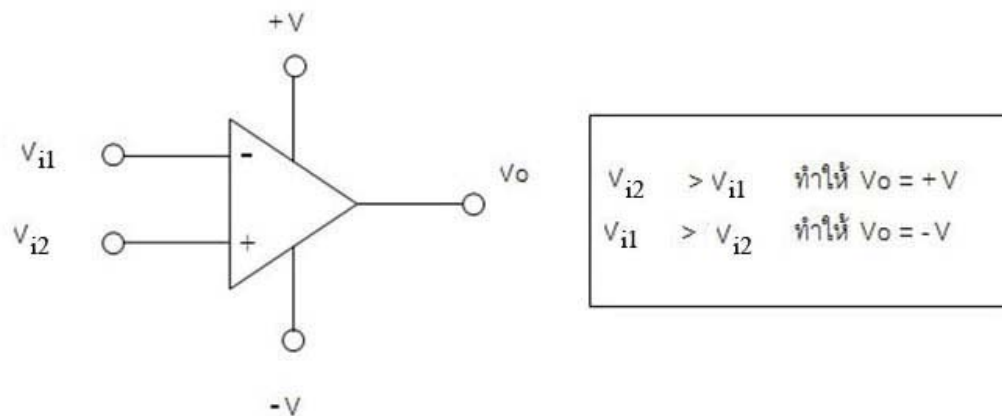


รูปที่ 2.10

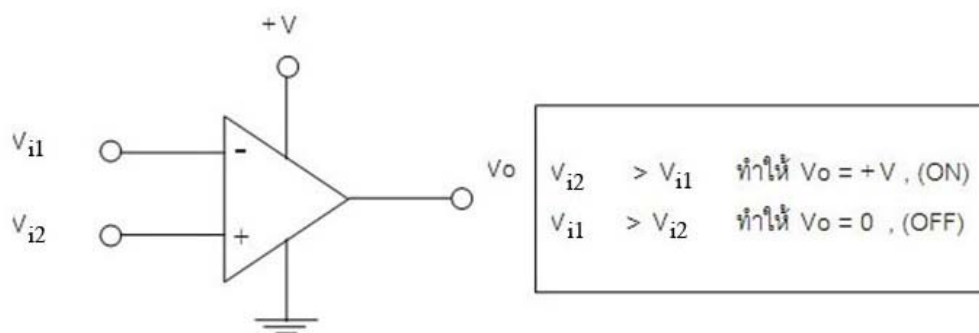
ในรูปที่ 2.12 LDR และความต้านทานปรับค่าได้ 1mW เป็นวงจรแบ่งแรงดันรูปที่ 2.12 ก. แรงดัน V<sub>out</sub> จะมีค่าเกือบเท่ากับ V<sub>cc</sub> เมื่อมีแสงมาตกและจะมีค่าน้อยเมื่อไม่มีแสงมาตก ส่วนรูปที่ 2.12 ข. เป็นแบบตรงกันข้าม คือ เมื่อมีแสงมาตก แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าต่ำ และจะมีค่าสูงเมื่อไม่มีแสงมาตก

## 2.4 การเปรียบเทียบแรงดัน

### วงจรเปรียบเทียบแรงดัน ( Comparator )



รูปที่ 2.11 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน แบบใช้ไฟเลี้ยง 2 ชุด



รูปที่ 2.12 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน แบบใช้ไฟเลี้ยง ชุดเดียว

## 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2

### 2.6.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งซึ่งรวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ ไมโคร (Micro) ซึ่งหมายถึงไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ และวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า คอนโทรลเลอร์ (Controller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

### 2.6.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2

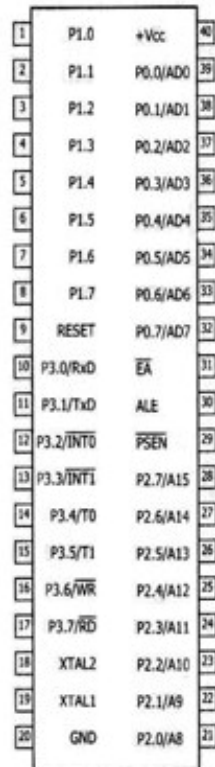
ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำแบบแฟลช (Flash Memory) มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
2. ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
3. หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม
4. ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
5. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟลูอิดลิกซ์
6. ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
7. สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
8. สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
9. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป



### 2.6.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSC-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน



รูปที่ 2.24 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์  
MSC-51 ในอนุกรม AT89C5x

ขา VCC ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

**ขาพอร์ต 0 (P0.1-P0.7)** มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยเขียนข้อมูล 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (Float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้อย่างถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

**ขาพอร์ต 1 (P1.1-P1.7)** มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยเขียนข้อมูล 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย

**ขาพอร์ต 2 (P2.1-P2.7)** มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยเขียนข้อมูล 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดแอสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

**ขาพอร์ต 3 (P3.1-P3.7)** มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยเขียนข้อมูล 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

**P3.0** ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

**P3.1** ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

**P3.2** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INT0

**P3.3** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INT1

**P3.4** ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทมเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

**P3.5** ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

**P3.6** ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

**P3.7** ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

**ขารีเซต (Reset)** ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 เมกซีไนส์เกิลโดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

**ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program Pulse Input)** เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานในหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

**ขา PSEN (Program Store Enable)** ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละเมกซีไนส์เกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีส่งสัญญาณใด ๆ ออกมา

**ขา EA/Vpp (External Access Enable/Programming Voltage Input)** ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น 0 เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น 1 เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขา ini ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

**ขา XTAL1 และ XTAL2** เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

### บทที่ 3

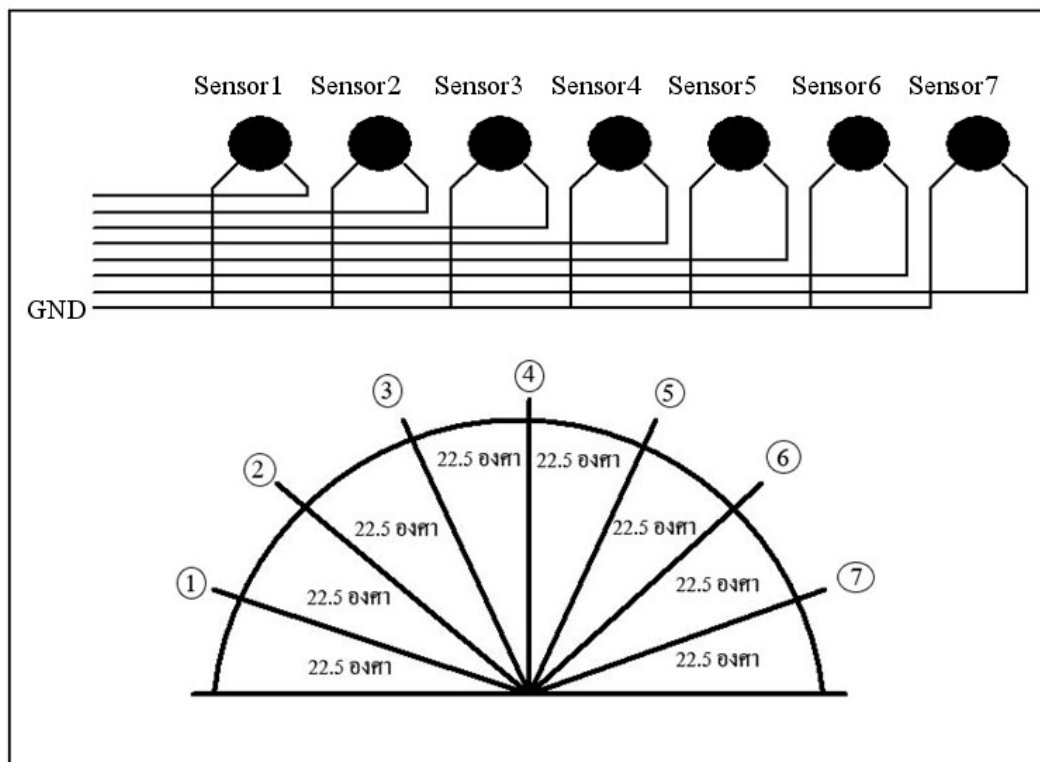
#### การออกแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์

##### 3.1 การออกแบบ Hardware

###### 3.1.1 หลักการออกแบบ

- ตำแหน่งการวางอุปกรณ์

ตำแหน่งการวางเซนเซอร์ LDR สำหรับใช้ในการตรวจหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เพื่อหมุนแผงโซลาร์เซลล์ไปยังตำแหน่งที่มีความเข้มแสงมากที่สุด แสดงในรูป ที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การวางตำแหน่งเซนเซอร์ LDR

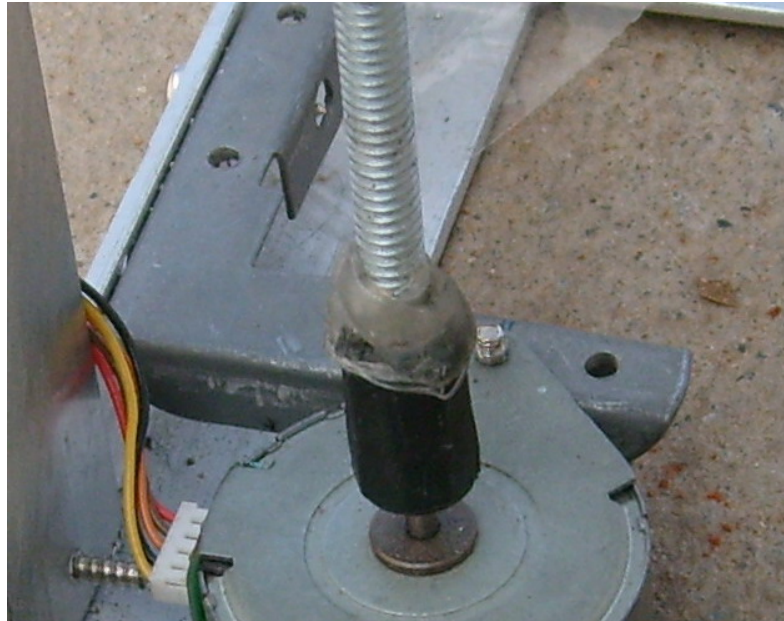
ในโครงการนี้ได้ทำการออกแบบการวางตำแหน่งของ LDR โดยใช้ LDR 7 ตัววางในแนวโค้งเป็นครึ่งวงกลมโดยแบ่งออกเป็น ช่วงเช้า 3 ตำแหน่ง ช่วงบ่าย 3 ตำแหน่ง และตอนเที่ยงวันอีก 1 ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะทำมุมห่างกัน 22.5 องศา

Sensor1 อยู่ที่ทิศทาง 22.5 องศา กับแนวระนาบตามทิศทางนาฬิกา หรือตำแหน่งที่ 1  
 Sensor2 อยู่ที่ทิศทาง 45.0 องศา กับแนวระนาบตามทิศทางนาฬิกา หรือตำแหน่งที่ 2  
 Sensor3 อยู่ที่ทิศทาง 67.5 องศา กับแนวระนาบตามทิศทางนาฬิกา หรือตำแหน่งที่ 3  
 Sensor4 อยู่ที่ทิศทาง 157.5 องศา กับแนวระนาบตามทิศทางนาฬิกา หรือตำแหน่งที่ 4  
 Sensor5 อยู่ที่ทิศทาง 112.5 องศา กับแนวระนาบตามทิศทางนาฬิกา หรือตำแหน่งที่ 5  
 Sensor6 อยู่ที่ทิศทาง 135.0 องศา กับแนวระนาบตามทิศทางนาฬิกา หรือตำแหน่งที่ 6  
 Sensor7 อยู่ที่ทิศทาง 157.5 องศา กับแนวระนาบตามทิศทางนาฬิกา หรือตำแหน่งที่ 7  
 GND เป็นสายกราวด์ (-)

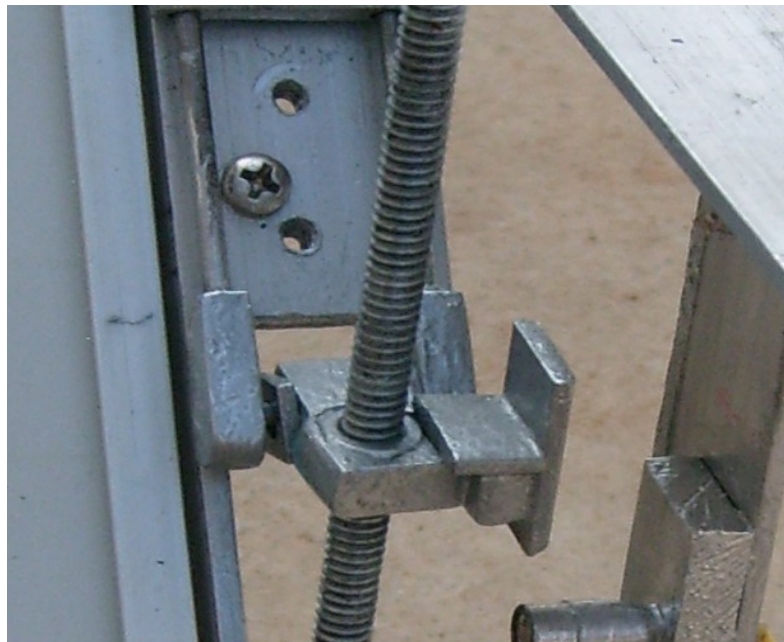
โครงสร้างของอุปกรณ์ที่ใช้ในการยกและหมุนแผงโซลาร์เซลล์ ได้ทำการออกแบบขึ้นจากวัสดุอลูมิเนียม ทั้งนี้เพื่อให้โครงสร้างมีความแข็งแรงและมีน้ำหนักเบา โดยได้แสดงรายละเอียดต่างๆ ของโครงสร้างและการวางอุปกรณ์ทั้งหมดในรูปที่ 3.2 ถึง รูปที่ 3.16



รูปที่ 3.2 การวางตำแหน่งสแต็ปปีงมอเตอร์



รูปที่ 3.3 แกนเกลียวต่อกับสตั๊ปมอเตอร์



รูปที่ 3.4 จุดหมุนยกแผงโซลาร์เซลล์





รูปที่ 3.5 จุดเลื่อนเมื่อแผงโซลาร์เซลล์เปลี่ยนตำแหน่ง



รูปที่ 3.6 จุดยึดเกลียวด้านบน



รูปที่ 3.7 แกนยึดเกลียวด้านบนและด้านล่าง

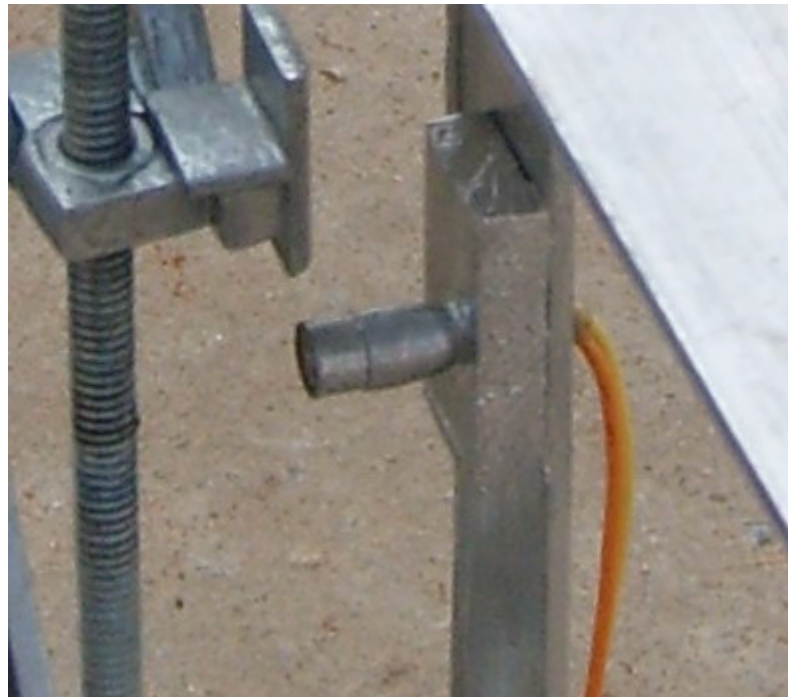


รูปที่ 3.8 จุดหมุนของแผงโซลาร์เซลล์ด้านซ้าย

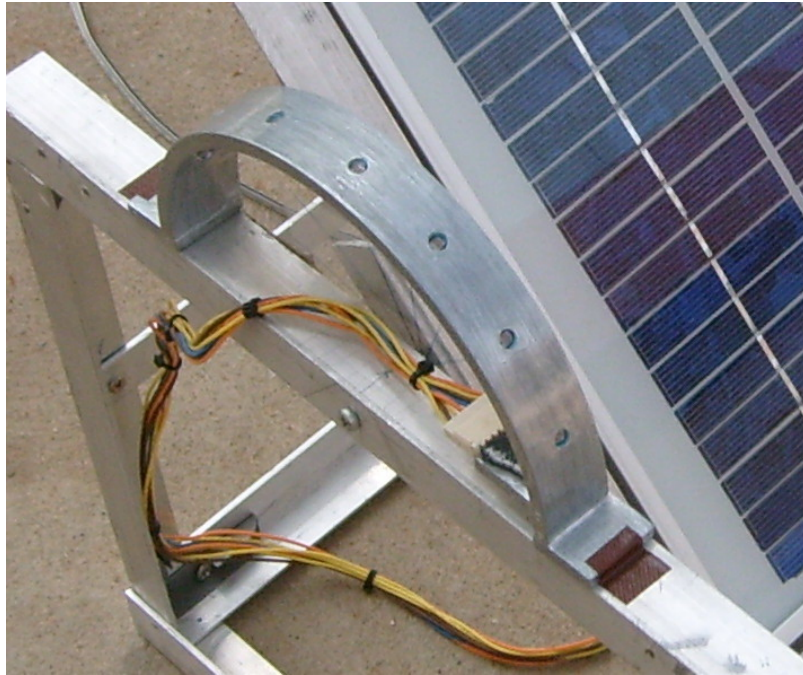




รูปที่ 3.9 จุดหมุนของแผงโซลาร์เซลล์ด้านขวา



รูปที่ 3.10 เซนเซอร์เพื่อปรับเป็นตำแหน่งเริ่มต้น



รูปที่ 3.11 เซนเซอร์ LDR วัดทิศทางดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.12 ด้านหน้า



รูปที่ 3.13 ด้านหลัง



รูปที่ 3.14 ด้านข้างซ้าย





รูปที่ 3.15 ด้านข้างขวา

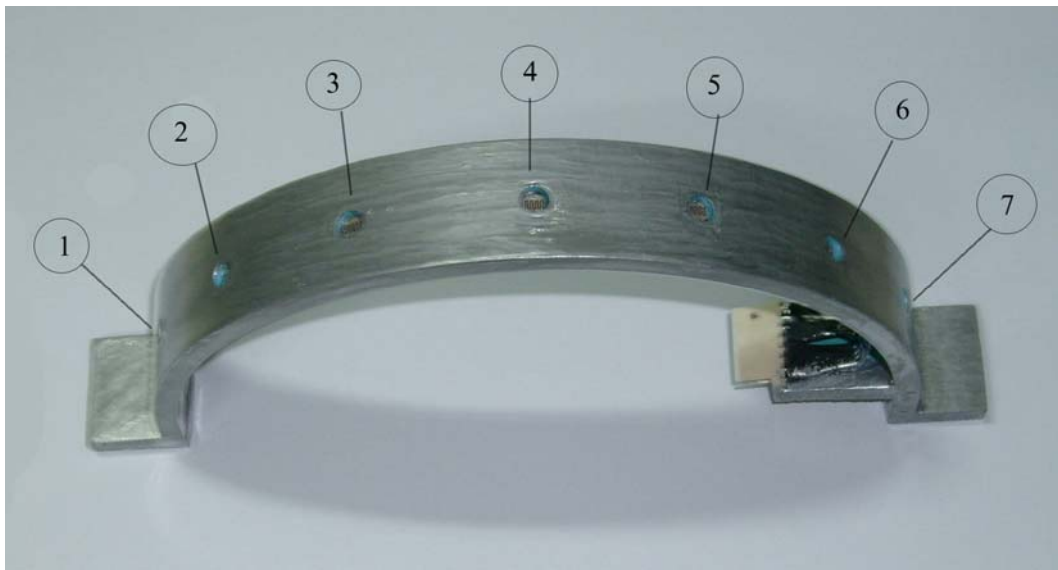


รูปที่ 3.16 ด้านบน

### 3.1.2 วงจรและอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้น

- เซนเซอร์วัดทิศทางของแสงอาทิตย์

เซนเซอร์วัดทิศทางของแสงอาทิตย์ถูกออกแบบขึ้น โดยใช้ LDR หรือตัวต้านทานไวแสง อุปกรณ์ LDR มีคุณสมบัติของการเปลี่ยนค่าความต้านทาน ตามแสงที่ได้รับ ทำให้สามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบหาความแตกต่างของแสงได้ LDR จึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการออกแบบเซนเซอร์วัดทิศทางของแสงอาทิตย์



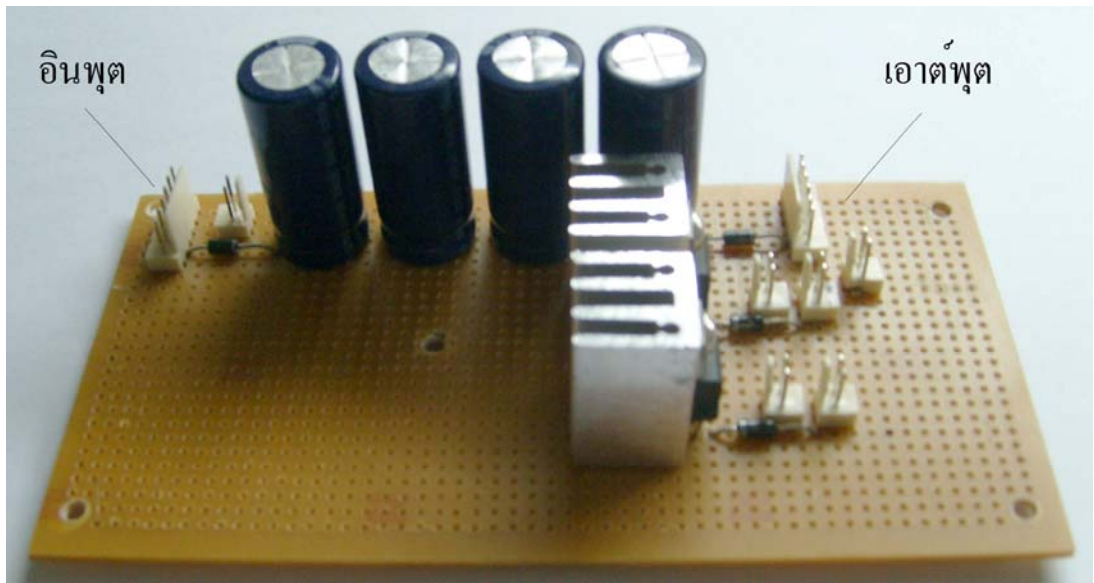
รูปที่ 3.17 เซนเซอร์วัดทิศทางของแสงอาทิตย์

- วงจรชาร์จแบตเตอรี่

วงจรชาร์จแบตเตอรี่เป็นวงจรที่ช่วยเพิ่มประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่เพื่อให้สามารถใช้งานได้มากขึ้น ในโครงการนี้ใช้แบตเตอรี่เป็นแบบแบตเตอรี่แห้ง (Sealed Lead Battery)

#### อุปกรณ์ที่ใช้

- |                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| 1. ตัวเก็บประจุแบบมีขั้ว 2200 $\mu$ F/50 V | 4 ตัว |
| 2. ไดโอด ซิลิคอน IN 4007                   | 2 ตัว |
| 3. ขา Connector แบบ 2 ขา                   | 3 ตัว |



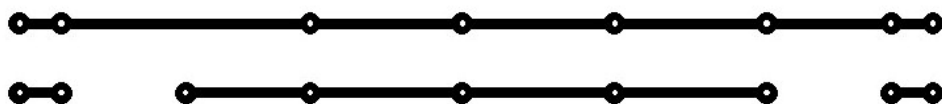
รูปที่ 3.18 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

#### การออกแบบวงจร

อินพุต	รับพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์
เอาต์พุต	เข้าวงจรชาร์จแบตเตอรี่ 12 โวลต์ DC

#### อธิบายวงจรชาร์จแบตเตอรี่

พลังงาน Input ที่รับพลังงานมาจากแผงโซลาร์เซลล์ ปกติจะมีค่าแรงดันอยู่ในช่วง 15-20 โวลต์ DC จะผ่านไดโอด 1 เข้าตัวเก็บประจุมีขั้ว 2200  $\mu\text{F}$ /50 V 4 ตัว ไดโอด 1 จะทำหน้าที่ป้องกันการไหลกลับของกระแสเข้าโซลาร์เซลล์ ตัวเก็บประจุจะช่วยทำให้แรงดันที่ได้มีค่าคงที่ หรือทำให้แรงดันมีค่าสม่ำเสมอมากขึ้น แล้วจะผ่านไดโอด 2 อีกชั้น ไปเป็น Output เพื่อใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ 12 โวลต์ DC ซึ่งไดโอด 2 ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้กระแสจากแบตเตอรี่ ไหลย้อนกลับไปยังตัวเก็บประจุ ลายวงจรชาร์จแบตเตอรี่ แสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ลายวงจรชาร์จแบตเตอรี่

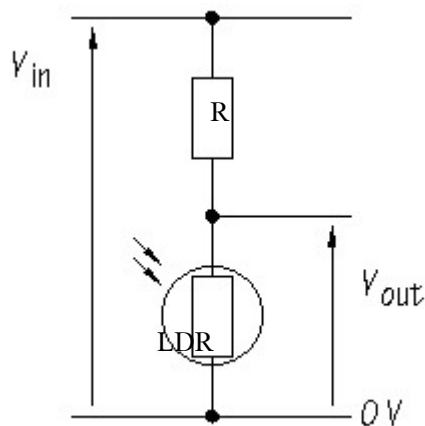
- วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

โครงการนี้ใช้การเปรียบเทียบแรงดัน ที่ได้จาก LDR ในการปรับการหมุนแผงโซลาร์เซลล์ ตามทิศทางของดวงอาทิตย์ โดยรายละเอียดของการเปรียบเทียบแรงดันมีดังนี้

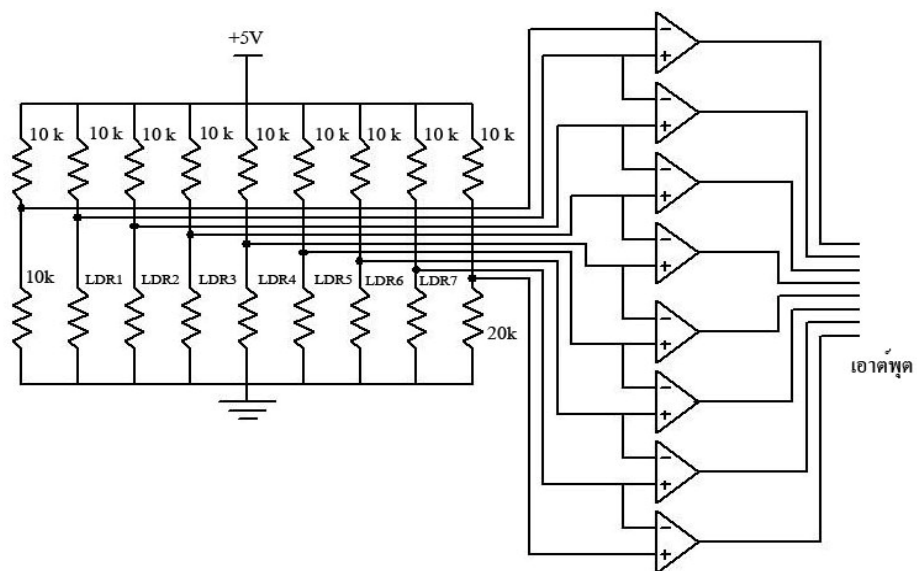
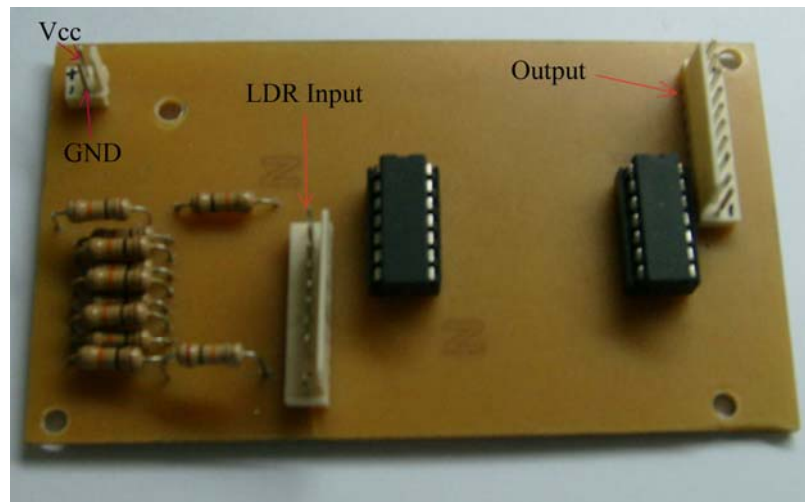
**อุปกรณ์ที่ใช้**

1. ไอซีสำเร็จรูป LM339	2 ตัว
2. ตัวต้านทาน 10 k Ohm	10 ตัว
20 k Ohm	1 ตัว
3. ตัวต้านทานไวแสง	7 ตัว
4. ขาConnector 10 ขา	2 ตัว

ในส่วนของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ประกอบด้วยวงจรแบ่งแรงดัน ดังรูปที่ 3.20 โดยแรงดันตกคร่อม LDR จะเป็นเอาต์พุตของวงจร แรงดันที่ได้นี้จะถูกนำไปป้อนเข้าวงจรเปรียบเทียบแรงดันในรูปที่ 3.21 ซึ่งใช้ไอซี LM339 ในการเปรียบเทียบแรงดัน



**รูปที่ 3.20** แสดงวงจรแบ่งแรงดัน



รูปที่ 3.21 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

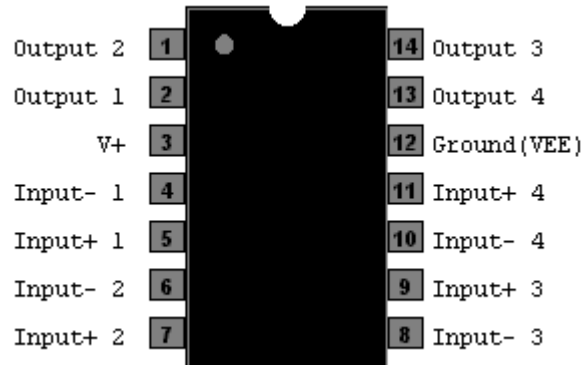
จากวงจรเปรียบเทียบแรงดันในรูปที่ 3.21 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

LDR Input      รับสัญญาณมาจากเซนเซอร์วัดทิศทางของแสงอาทิตย์เพื่อนำมาเปรียบเทียบ

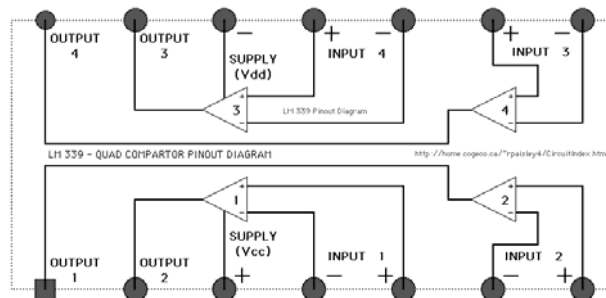
Output          เป็นสัญญาณที่ได้จากการเปรียบเทียบในวงจรเปรียบเทียบแรงดัน



## แสดงการใช้งานของ ไอซี LM339



รูปที่ 3.22 ขาของ ไอซี LM339

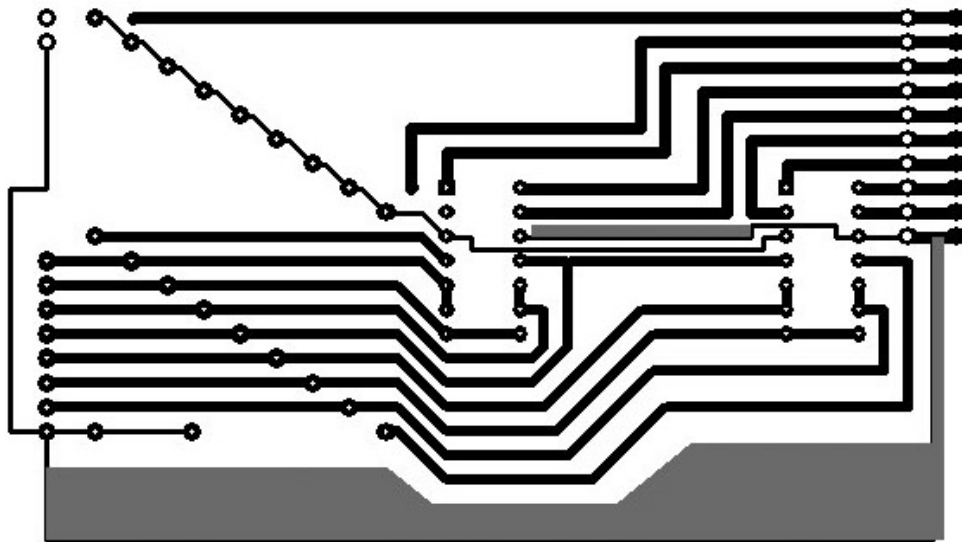


รูปที่ 3.23 วงจรภายในของ ไอซี LM339

## อธิบายการเปรียบเทียบแรงดัน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบแรงดัน จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนของเซนเซอร์วัดทิศทางของแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นตัวต้านทานไวแสง และส่วนของวงจรเปรียบเทียบแรงดันซึ่งจะรับสัญญาณจากส่วนแรก นำมาเข้าวงจรแบ่งแรงดันเพื่อแปลงเป็นสัญญาณแรงดันก่อน จากนั้นจะส่งต่อไปยังส่วนของเปรียบเทียบแรงดันเพื่อทำการเปรียบเทียบหาว่าเซนเซอร์ตัวไหนมีค่าแรงดันมากกว่ากัน แล้วจะส่งสัญญาณต่อไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลและออกคำสั่งควบคุม การหมุนแผงโซลาร์เซลล์

รายละเอียดของขาอุปกรณ์และวงจรภายใน แสดงไอซี LM339 ในรูปที่ 3.22 และรูปที่ 3.23 ส่วนลายวงจรที่ใช้ในส่วนของการเปรียบเทียบแรงดัน แสดงในรูปที่ 3.24



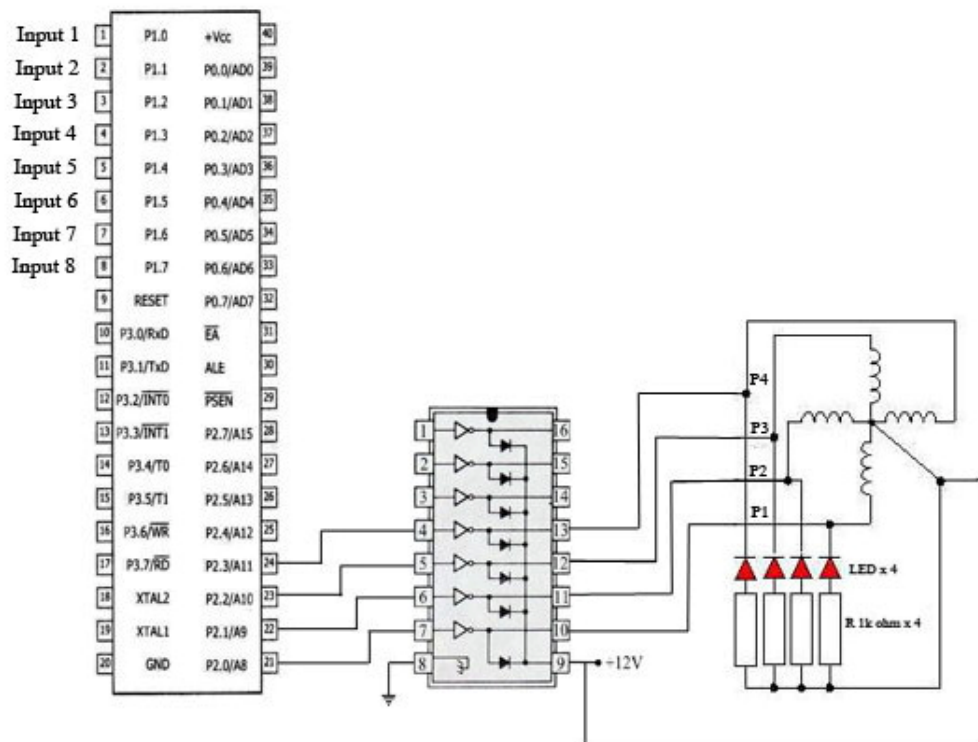
รูปที่ 3.24 ลายวงจร

- วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

การสร้างวงจรขับสเต็ปมอเตอร์ เนื่องจากสัญญาณที่ได้จาก ไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าน้อย จึงใช้วงจรขับแรงดันช่วยเพิ่มค่าแรงดันและกระแสให้เพียงพอสำหรับการขับ DC มอเตอร์ ซึ่งวงจรขับแรงดันนี้ สามารถให้กระแสได้สูงถึง 500 mA และแรงดัน 12 โวลต์

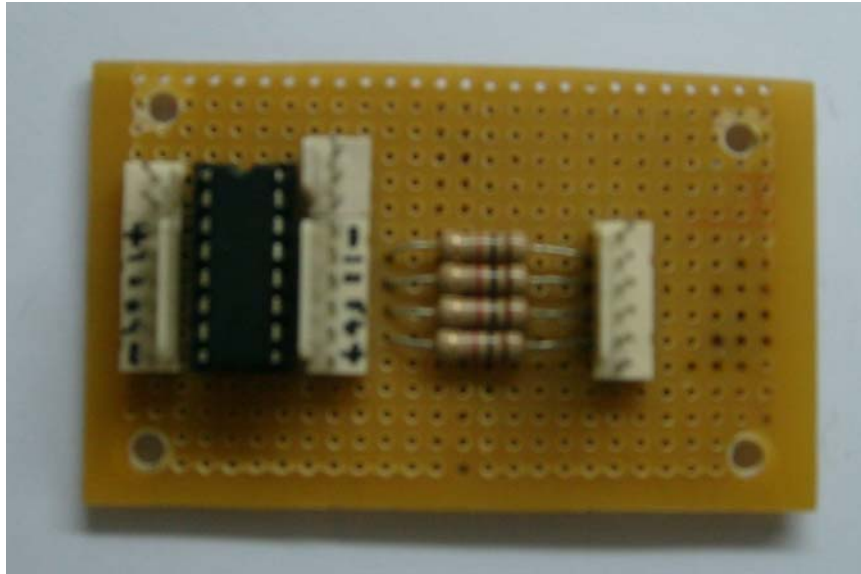
**อุปกรณ์ที่ใช้**

- |                            |       |
|----------------------------|-------|
| 1. ไอซี สำเร็จรูป ULN 2003 | 1 ตัว |
| 2. ตัวต้านทาน              | 4 ตัว |
| 3. ขา connector 10 ขา      | 2 ตัว |
| 4. ขา connector 6 ขา       | 1 ตัว |



**รูปที่ 3.25** วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ ที่ใช้ไอซีสำเร็จรูป ULN2003 แสดงในรูปที่ 3.25 โดยเชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่าน พอร์ต P2.0-2.3 สำหรับแผงวงจรที่สร้างขึ้นแสดงในรูปที่ 3.27 โดยมี รายละเอียดของไอซี ULN2003 แสดงในรูปที่ 3.27-3.28 และตารางที่ 3.1

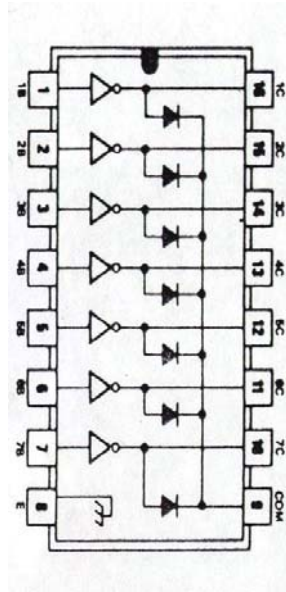


รูปที่3.26 แสดงวงจรขับสเต็ปมอเตอร์

การใช้งานของ ไอซี สำเร็จรูป ULN 2003



รูปที่3.27 แสดงไอซี สำเร็จรูป ULN 2003



รูปที่3.28 แสดงวงจรภายในของไอซี สำเร็จรูป ULN 2003

ตารางที่ 3.1 การใช้งานของ IC ULN 2003

Port	ใช้งาน	Port	ใช้งาน
1	Input1	16	Output1
2	Input2	15	Output2
3	Input3	14	Output3
4	Input4	13	Output4
5	Input5	12	Output5
6	Input6	11	Output6
7	Input7	10	Output7
8	GND	9	Common

#### หลักการทำงานของไอซี ULN2003

ในการใช้งานไอซี สำเร็จรูป ULN2003 เมื่อทำการป้อนแรงดัน 12 โวลต์ DC และ GND ครบแล้ว ถ้าไม่มีสัญญาณที่อินพุต หรือ อินพุต มีค่าเป็น 0 โวลต์ ที่เอาต์พุต จะมีค่าเป็นไฟ 12 โวลต์ DC หรือ ถ้าอินพุตมี ลอจิก 0 เอาต์พุตจะมี ลอจิก 1 แต่ถ้าป้อนอินพุตเป็น ลอจิก 1 หรือป้อนไฟเข้า จะทำให้ที่ เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 หรือไป 0 โวลต์ DC

### การขับสเต็ปมอเตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

จะใช้พอร์ต 2 คือ P2.0, P2.1, P2.2 และ P2.3 ส่งข้อมูลไปยังไอซีไดรเวอร์กระแสสูงแบบคอนเล็กเตอร์เปิดเบอร์ ULN2003 การใช้ไอซีแบบนี้ทำให้สามารถเลือกแรงดันสำหรับขับสเต็ปมอเตอร์ได้กว้างขวางตั้งแต่ 5-30 V โดย ULN2003 มีความสามารถในการจ่ายกระแสได้สูงสุด 500 mA ต่อขา

เมื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนให้ส่งข้อมูล “1” ไปเรียงไปตามลำดับจาก P0.0 ถึง P0.3 แล้ววนกลับมาไปที่ P0.0 ใหม่ หากต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางก็ให้ส่งข้อมูลย้อนกลับ โดยเริ่มจาก P0.3 ก่อนแล้วสิ้นสุดรอบที่ P0.0 แล้ววนกลับไป P0.3 เมื่อ ULN2003 ได้รับข้อมูล “1” ก็จะทำให้การกลับลอจิก ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดของมอเตอร์ที่ต่ออยู่กับขาเอาต์พุตที่ทำงาน ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของแกนมอเตอร์ขึ้น

### อธิบายวงจรขับสเต็ปมอเตอร์

จากภาพ ไอซี สำเร็จรูป ULN 2003 สามารถรองรับ input ได้ถึง 7 ขาด้วยกัน ในที่นี้จะเลือกใช้ในการขับสเต็ปมอเตอร์ เพียง 4 input คือ ขา 4,5,6 และ 7 ตามลำดับ ส่วน Output ที่ได้คือ 13,12,11 และ 10 ตามลำดับ ใช้ขับสเต็ปมอเตอร์ ส่วน ขา 8 จะต่อเข้ากับ GND และขา 9 จะต่อเข้ากับแรงดัน DC 12 โวลต์

ในโครงการนี้ใช้การขับสเต็ปมอเตอร์ เป็นการกระตุ้นแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือแบบเวฟ ดังตารางที่ 3.2 โดยจะจ่ายกระแสให้ขดลวด ของ สเต็ปมอเตอร์ ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป จะทำให้ไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด สัญญาณที่ได้รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น ลอจิก 0,1 หรือแรงดัน 0 โวลต์ DC กับ 5 โวลต์ DC รายละเอียดของ การคำนวณหารอบของสเต็ปมอเตอร์แสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 การกระตุ้นแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส

Step	เฟส 4	เฟส 3	เฟส 2	เฟส 1
Step 1	ON	OFF	OFF	OFF
Step 2	OFF	ON	OFF	OFF
Step 3	OFF	OFF	ON	OFF
Step 4	OFF	OFF	OFF	ON
Step 5	ย้อนกลับ Step ที่ 1			
.....	.....			

ตารางที่ 3.3 แสดงรอบของสเต็ปมอเตอร์ 7.5 องศา/สเต็ป

จำนวนรอบ	จำนวนสเต็ป
ครึ่งรอบ	$(0.5 \times 360) / 7.5 = 24$
1	$360 / 7.5 = 48$
2	$(2 \times 360) / 7.5 = 96$
4	$(4 \times 360) / 7.5 = 192$
.....	.....

## 3.2 การออกแบบ Software

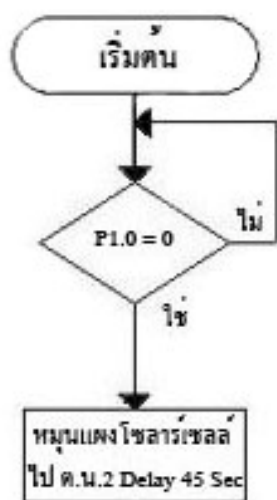
### 3.2.1 โปรแกรมพื้นฐานที่เรียนรู้

โปรแกรมพื้นฐานที่ได้ทำการเรียนรู้ คือ โปรแกรม UltraEdit32 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้เขียนภาษาแอสเซมบลี (Assembly) และแปลงภาษาแอสเซมบลีให้เป็นภาษาเครื่อง (Machine Code) นอกจากนี้ยังมีโปรแกรม FLIP ของ ATMEL ซึ่งจะใช้ในการโหลดไฟล์ให้กับหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ รายละเอียดของโปรแกรมพื้นฐานต่างๆ แสดงไว้ในภาคผนวก

### 3.2.2 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

ตัวอย่างของโปรแกรมย่อยที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน ที่จะนำเสนอประกอบด้วยโปรแกรมสำหรับการเปรียบเทียบแรงดัน และควบคุมสเต็ปिंगมอเตอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- การเปรียบเทียบแรงดัน



```
Compare_1:  JNB  P1.0,Step_1
              JMP  Compare_1

Step_1:      MOV  R0,#24

Start_1:     CALL Step_Up
              DJNZ R0,Start_1
              CALL DELAY_45SEC
```

รูปที่ 3.29 การเปรียบเทียบแรงดัน

#### คำอธิบายโปรแกรม

เมื่อ P1.0 มีค่าเป็น 1 โปรแกรมจะวนลูปทำงานใน Compare\_1 จนกว่า P1.0 จะมีค่าเป็น 0 แต่ถ้า P1.0 มีค่าเป็น 0 โปรแกรมจะทำงานในคำสั่งของ Step\_1 ต่อไป โดยจะสั่งให้สเต็ปिंगมอเตอร์ หมุนแผงโซลาร์เซลล์ไปที่ตำแหน่งที่สองและรอเวลา 45 นาที



- **ควบคุมมอเตอร์**

```
Step_M1:  SETB  Port2_0
           CALL  DELAY100MS
           CLR   Port2_0
           SETB  Port2_1
           CALL  DELAY100MS
           CLR   Port2_1
           SETB  Port2_2
           CALL  DELAY100MS
           CLR   Port2_2
           SETB  Port2_3
           CALL  DELAY100MS
           CLR   Port2_3
           RET
```

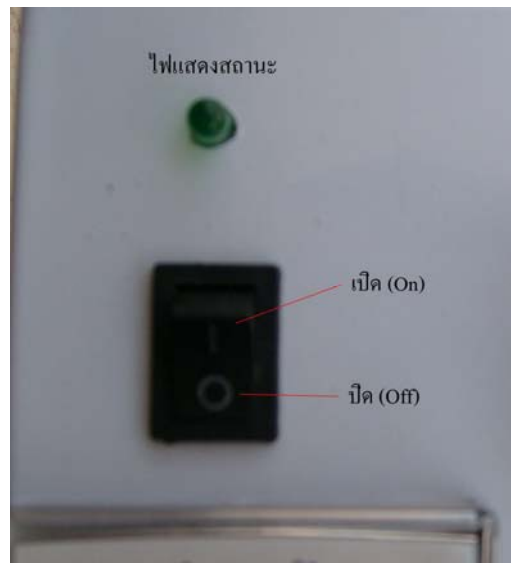
#### **คำอธิบายโปรแกรม**

โปรแกรมจะส่งสัญญาณ 1 ซึ่งมีแรงดัน 5 โวลต์ไปทางพอร์ต 2 (P2.0 – P2.3) โดยจะจ่ายให้พอร์ต 2.0 ก่อนแล้วรอเวลา 100 มิลลิวินาที ก็จะหยุดจ่ายแรงดันให้พอร์ต 2.0 โดยจะส่งสัญญาณ 0 ซึ่งมีแรงดันเป็น 0 แทน และก็จะทำเช่นนี้กับ พอร์ต 2.1, พอร์ต 2.2 และพอร์ต 2.3 เหมือนกัน

### 3.3 การใช้งานของเครื่องควบคุมแสงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงการใช้งานสวิตช์ควบคุมด้านหน้า แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง มิเตอร์วัดแรงดัน และไฟแสดงตำแหน่งของแสงโซลาร์เซลล์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.3.1 การใช้งานสวิตช์ควบคุมด้านหน้า



รูปที่ 3.29 สวิตช์ เปิด/ปิด เครื่อง

ที่ด้านหน้าของเครื่องควบคุมแสงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์ จะมีสวิตช์สำหรับใช้สำหรับควบคุมวงจรไฟฟ้าของเครื่องทั้งหมด พร้อมทั้งมีไฟแสดงสถานะ เป็นไฟสัญญาณสีเขียว จะติดเมื่อมีการเปิดเครื่อง และจะดับเมื่อมีการปิดเครื่อง

## แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 3.30 ช่องจ่ายแรงดันไฟฟ้า

### คุณสมบัติ

- แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง จะจ่ายแรงดันไฟฟ้าผ่านช่องแรงดันแบบ ปลั๊ก RCA ตัวเมีย อุปกรณ์ที่นำมาต่อใช้งานก็ต้องเป็นแบบปลั๊ก RCA ด้วย ซึ่งมีลักษณะ 2 ขั้ว ตรงกลางคือไฟ หรือ ขั้วบวก(+) และ ขอบคือกราวด์ หรือ ขั้วลบ(-)

### การใช้งาน

- ช่อง RCA แต่ละช่อง จะสามารถใช้งานได้หลายช่วงคือ จะรองรับการใช้ไฟ 5 โวลต์ 12 โวลต์ หรือแรงดันจากโซลาร์เซลล์โดยตรง โดยจะมี Volt Selector ให้ปรับเลือกการใช้งาน

- แต่ละช่อง Volt Output สามารถใช้งานแรงดันไฟฟ้าในหลายย่านได้พร้อมกันทั้งหมด เพราะ Volt Output แต่ละตัวแยกกัน

- สามารถปรับการจ่ายไฟ ในแต่ละช่อง Volt Output ได้ โดยการปรับ Volt Selector ไปที่ 0 โวลต์

## มิเตอร์วัดแรงดัน



รูปที่ 3.31 โวลต์มิเตอร์

### คุณสมบัติ

- โวลต์มิเตอร์ (Volt Meter) สามารถวัดแรงดันได้ในช่วง 0 – 30 โวลต์
- มีปุ่ม Selector ปรับเพื่อเลือกย่านการวัดของแรงดัน

### การใช้งาน

- เพื่อแสดงค่าของแรงดัน เพื่อให้ทราบว่าแรงดันที่เครื่องจ่ายมีค่าเท่าไร
- การปรับค่าย่านการวัดโดยใช้ปุ่ม Selector สีแดง สามารถปรับได้คือ วัดค่า 5 โวลต์ วัดค่า 12 โวลต์ และวัดค่าที่ได้จากโซลาร์เซลล์

## ไฟแสดงตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์และการทำงานของสแต็ปมอเตอร์

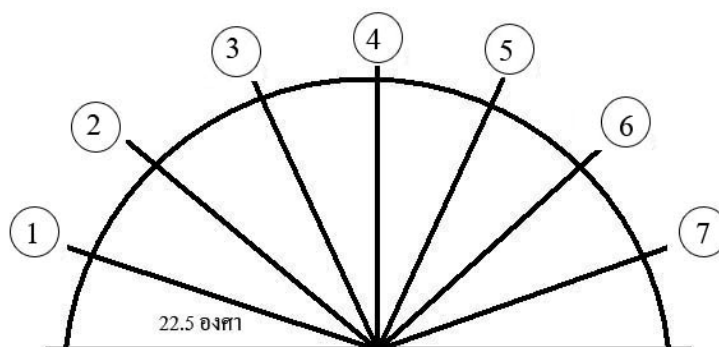


รูปที่ 3.32 ไฟแสดงผลการทำงาน

## ไฟแสดงตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์

### คุณสมบัติ

- ไฟแสดงตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์ ใช้หลอด LED สีเหลือง 7 หลอด วางตำแหน่งตามเซนเซอร์วัดทิศทางของแสงอาทิตย์จากภายนอก ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 3.33 ตำแหน่งของหลอด LED สีเหลืองแสดงตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์

## การใช้งาน

- ไฟแสดงตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์ จะติดแสดงว่าเครื่องควบคุมสั่งงานให้แผงโซลาร์เซลล์ทำงานอยู่ในตำแหน่งใด ซึ่งหลอด LED จะติดเป็นสีส้ม เพื่อแสดงตำแหน่งของการหมุน โดยในตารางที่ 3.4 จะแสดงตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์เป็นเวลาและมุมของการหมุน

ตารางที่ 3.4 ตำแหน่งการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์

แสดงตำแหน่งการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์	
ตำแหน่งที่หลอดติด	มุม (องศา)
1	22.5
2	45.0
3	67.5
4	90.0
5	112.5
6	135.0
7	157.5

## ไฟแสดงการทำงานของสเต็ปมอเตอร์

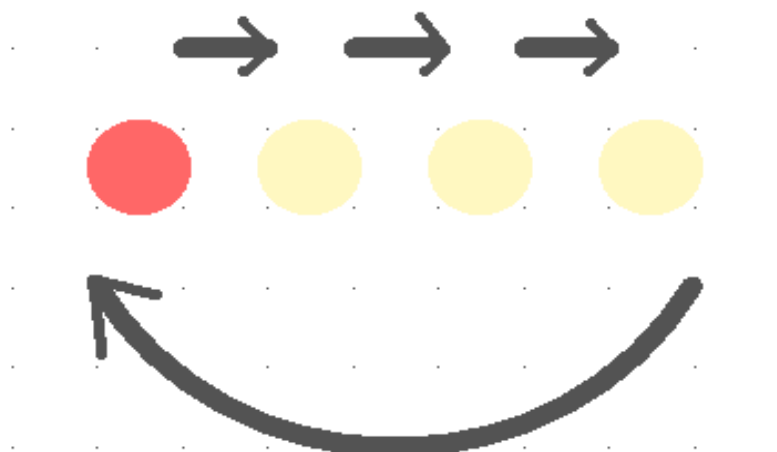
### คุณสมบัติ

- ไฟแสดงการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ ใช้หลอดไฟ LED สีแดง 4 หลอด เรียงกัน
- สวิตช์ เปิด/ปิด แสดงผล เป็นสวิตช์สองทาง โยกขึ้นลง

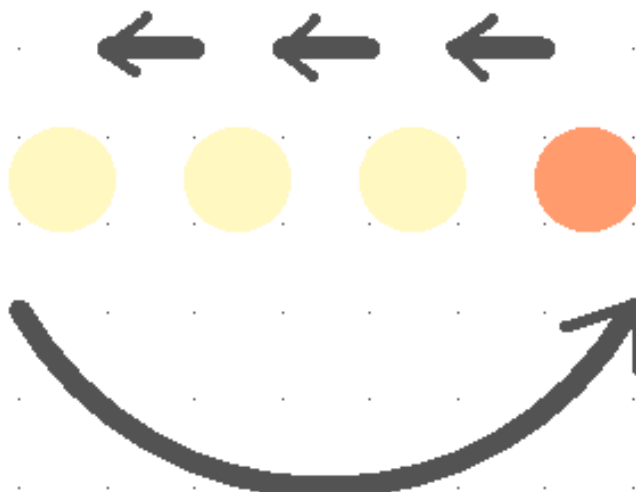
### การใช้งานและการแสดงผล

- สามารถเลือกที่จะแสดงการทำงานได้โดยการ โยกสวิตช์
  1. ถ้าโยกสวิตช์ขึ้นจะเป็นการเปิดแสดงการทำงานของทั้งไฟแสดงตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์และการทำงานของสเต็ปปั๊มมอเตอร์พร้อมกัน
  2. ถ้าไม่ต้องการให้แสดงการทำงานก็โยกสวิตช์ลงก็เป็นการปิดการแสดงผล ซึ่งการทำงานของระบบก็ยังคงเหมือนเดิมทั้งหมด

- หลอดไฟ LED สีแดงจะติดเมื่อสแต็ปปั๊มมอเตอร์มีการหมุนไป 1 สแต็ป การติดของหลอดไฟ LED จะติดเรียงกันและวนรอบไปเรื่อยๆ ตามจำนวนสแต็ปการหมุน ในทางตรงกันข้าม หากมีการหมุนกลับของสแต็ปมอเตอร์ หลอดไฟ LED ก็จะติดเรียงย้อนกลับอีกทิศทางหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 3.34 และรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.34 สถานะ เมื่อแผงโซลาร์เซลล์หมุนจากทิศตะวันออกไปตะวันตก



รูปที่ 3.35 สถานะ เมื่อแผงโซลาร์เซลล์หมุนกลับจากทิศตะวันตกไปตะวันออก

### 3.3.2 การทำงานและใช้งานด้านหลังเครื่อง

ด้านหลังเครื่องควบคุมแสงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์นี้ จะเป็นการใช้งานเกี่ยวกับ อินพุตและเอาต์พุตต่างๆ ไม่เกี่ยวกับการแสดงผลใดของเครื่อง



รูปที่ 3.36 การทำงานและใช้งานด้านหลังเครื่อง

**ปุ่มรีเซ็ต(Reset)** เป็นปุ่มที่ใช้กดเพื่อกำหนดให้ระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เริ่มทำงานใหม่

**Input** เป็นช่องเสียบแบบ ปลั๊ก RCA ซึ่งจะรับค่าแรงดันมาจากภายนอก คือ จากแผง โซลาร์เซลล์ จากการทดลองค่าแรงดันของแผงโซลาร์เซลล์จะอยู่ในช่วง 16-21 โวลต์

**พัดลมระบายความร้อน** เป็นพัดลมที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จะทำงานเมื่อระบบมีการสั่งงานให้อุปกรณ์ในเครื่องทำงาน จะหยุดการทำงานก็ต่อเมื่อระบบหยุดการทำงาน

**สวิตช์เปิด/ปิด พัดลม** สามารถเลือกปิดการทำงานของพัดลมได้ในขณะที่ระบบกำลังทำงานอยู่ แต่ถ้าอุณหภูมิเครื่องร้อนเกินไปก็ควรเปิดพัดลมเพื่อระบายความร้อน

**พอร์ตเซนเซอร์ LDR** ลักษณะของช่องเสียบเป็นอินพุตแบบ ขา Connector 8 ขา เรียงกัน ใช้รับสัญญาณจาก LDR 7 ตัว จากภายนอก เพื่อนำไปเปรียบเทียบแรงดันของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

**พอร์ตขับเคลื่อนมอเตอร์** เป็นช่องเสียบเอาต์พุต แบบขา Connector ใช้งาน 5 ขา ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์

**พอร์ตโหลดโปรแกรม** เป็นช่องเสียบอินพุตแบบขา Connector เหมือนกับพอร์ตขับเคลื่อนมอเตอร์ แต่ใช้งานแค่ 3 ขาในการโหลดโปรแกรมจาก คอมพิวเตอร์ลงไมโครคอนโทรลเลอร์



## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### การทดลองที่ 1 การทดสอบวางแผงโซลาร์เซลล์ในทิศทางเดียว

การทดลองนี้เป็นการทดสอบวางแผงโซลาร์เซลล์ในทิศทางเดียวตลอดทั้งวัน แล้วเก็บค่าของแรงดันไฟฟ้า เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างแรงดัน ขณะหมุนและไม่หมุนแผงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางดวงอาทิตย์ จะแสดงตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์

#### วัตถุประสงค์

เพื่อทดลองเก็บค่าแรงดันในขณะที่แผงโซลาร์เซลล์อยู่นิ่งในทิศทางเดียว

#### ขั้นตอนการทดลอง

1. ปรับมุมไปที่ตำแหน่ง 90.0 องศา หรือตำแหน่งที่ 4 ดังรูปที่ 4.1
2. ทำการเก็บค่าแรงดันทุกๆ 10 นาที ตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึง เวลา 17.00 น.

### ผลการทดลองที่ 1

ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 1.1 และตารางที่ 1.2

#### ตารางที่ 1.1 การทดสอบวางแผงโซลาร์เซลล์ในทิศทางเดียว

เวลา ( น. )	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
7.00	16.5
7.10	16.7
7.20	16.6
7.30	16.9
7.40	17.1
7.50	17.2
8.00	17.4
8.10	17.4
8.20	17.6
8.30	17.8
8.40	17.9
8.50	17.7
9.00	18.5
9.10	18.3
9.20	18.1
9.30	17.7
9.40	18.7
9.50	18.7
10.00	18.7
10.10	19.0
10.20	19.9
10.30	19.8
10.40	19.8
10.50	19.8

11.00	19.7
11.10	19.9
11.20	20
11.30	20.1
11.40	19.8
11.50	21.0
12.00	19.8
12.10	19.8
12.20	19.8
12.30	19.7
12.40	19.7
12.50	19.8
13.00	19.7
13.10	19.9
13.20	19.9
13.30	19.8
13.40	20.1
13.50	20.0
14.00	19.9
14.10	19.8
14.20	20.0
14.30	19.9
14.40	19.7
14.50	19.6
15.00	19.4
15.10	19.1
15.20	19.2
15.30	19.0
15.40	19.0

15.50	18.9
16.00	18.8
16.10	18.4
16.20	18.1
16.30	16.9
16.40	17.1
16.50	16.8
17.00	16.6
ค่าเฉลี่ย(Mean)	18.82787
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน(S.D.)	0.05

**ตารางที่ 1.2** ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลา

ช่วงเวลา	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
7.00 น. - 9.30 น.	17.1
9.40 น. - 12.00 น.	19.25
12.10 น. - 14.30 น.	19.85
14.40 น. - 17.00 น.	18.44

### วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 3 เป็นการทดลองเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า เมื่อปรับตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์ให้อยู่ในทิศทางเดียวตลอดการทดลองคือที่ตำแหน่งที่ 4 ซึ่งจะวางอยู่ในแนวระนาบขนานพื้นโลกตลอดทั้งวัน ซึ่งผลการเก็บค่าแรงดัน ช่วงเช้าค่าแรงดันจะน้อยคือ เริ่มต้นตั้งแต่ 16.5 โวลต์ และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงตอนช่วงเที่ยงวัน ค่าแรงดันจะมีค่าสูงสุดแล้วค่อยลดลงมาเรื่อยๆ

จากการทดลองแผงโซลาร์เซลล์รับความเข้มจากแสงอาทิตย์ไม่เต็มที่ เนื่องจากวางแผงโซลาร์เซลล์วางในทิศทางเดียวตลอดเวลา ทำให้ค่าแรงดันที่ได้มีค่าไม่สม่ำเสมอ โดยมีแรงดันมากเฉพาะช่วงเที่ยงวัน

### สรุปผลการทดลองที่ 1

จากการทดลองเก็บค่าแรงดันตลอดทั้งวัน ค่าแรงดัน ในเวลาตอนกลางวันมีค่าแรงดันมากคือประมาณ 20 โวลต์และแรงดันจะน้อยในช่วงเช้ากับช่วงเย็นคือประมาณ 16.5 โวลต์

## **การทดลองที่ 2** การหาตำแหน่งมุมเอียงของแผงโซลาร์เซลล์ในแนวทิศเหนือ-ใต้

การทดลองนี้ เป็นการทดสอบการหาตำแหน่งของมุมเอียงที่แผงโซลาร์เซลล์ทำกับแนวระนาบในทิศเหนือ-ใต้ ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของการวางแผงโซลาร์เซลล์ในแนวเหนือ-ใต้ ว่ามีผลต่อการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์หรือไม่ อย่างไร โดยจะนำผลที่ได้จากการทดลองไปใช้ในการออกแบบทิศทางการหมุนของแผงโซลาร์เซลล์ต่อไป

### **วัตถุประสงค์**

เพื่อทดสอบถึงความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าในการเอียงทำมุมในแนวทิศเหนือ-ใต้ ของแผงโซลาร์เซลล์

### **ขั้นตอนการทดลอง**

1. ปรับมุมในทิศตะวันออก-ตกไปที่ ตำแหน่งที่ 1 หรือที่ 22.5 องศา
2. เริ่มบันทึกค่าแรงดัน DC ที่ 7.00 น. ทุกๆ 10 นาที
3. ณ.เวลาหนึ่งๆ บันทึกค่าที่มุม 0,10,20 และ 30 องศาในแนวทิศเหนือ-ใต้
4. ทำการบันทึกค่าจนถึงเวลา 17.00 น.

## ผลการทดลองที่ 2

ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 การทดสอบการหาตำแหน่งมุมเอียงของแผงโซลาร์เซลล์ในแนวทิศเหนือ-ใต้

<div>มุมเอียงทิศ เหนือ-ใต้ เวลา ( น. )</div>	0 องศา แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	10 องศา แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	20 องศา แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	30 องศา แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
7.00	17.2	17.2	17.3	17.1
7.10	17.5	17.6	17.6	17.5
7.20	17.2	17.3	17.3	17.3
7.30	17.2	17.2	17.2	17.2
7.40	17.4	17.4	17.6	17.5
7.50	17.5	17.5	17.7	17.6
8.00	17.7	17.8	17.7	17.7
8.10	17.7	17.8	17.8	17.8
8.20	17.9	17.9	17.9	17.9
8.30	18.0	18.1	18.2	18.1
8.40	17.8	17.9	17.9	17.8
8.50	18.0	18.1	18.0	18.0
9.00	18.5	18.6	18.6	18.6
9.10	18.4	18.4	18.5	18.4
9.20	18.7	18.7	18.8	18.8
9.30	18.6	18.7	18.6	18.6
9.40	18.8	18.8	18.9	18.8
9.50	18.8	18.8	18.8	18.8
10.00	18.7	18.7	18.7	18.8
10.10	18.6	18.6	18.7	18.6
10.20	18.8	18.9	18.8	18.8
10.30	18.7	18.8	18.8	18.8

10.40	18.9	18.8	19.0	18.9
10.50	19.0	19.1	19.1	19.2
11.00	18.8	18.8	18.9	19.0
11.10	18.9	19.1	19.1	19.0
11.20	18.7	18.9	18.9	18.9
11.30	18.9	18.9	19.0	19.1
11.40	18.8	18.9	18.9	18.5
11.50	18.5	18.6	18.6	18.5
12.00	18.2	18.9	18.9	18.9
12.10	18.8	18.9	18.9	18.8
12.20	18.8	18.8	18.8	18.8
12.30	18.7	18.7	18.8	18.8
12.40	18.9	19.0	19.0	19.0
12.50	18.6	18.7	18.7	18.7
13.00	18.6	18.7	18.7	18.6
13.10	19.0	19.1	19.1	19.1
13.20	19.0	19.0	19.1	19.0
13.30	19.5	19.6	19.6	19.6
13.40	19.2	19.2	19.2	19.1
13.50	18.7	18.8	18.8	18.7
14.00	19.0	19.1	19.1	19.1
14.10	19.3	19.4	19.4	19.4
14.20	19.7	19.8	19.8	19.7
14.30	18.6	18.7	18.7	18.7
14.40	18.6	18.7	18.7	18.7
14.50	18.7	18.7	18.7	18.7
15.00	18.8	18.8	18.8	18.8
15.10	18.7	18.7	18.7	18.6
15.20	18.4	18.4	18.4	18.3



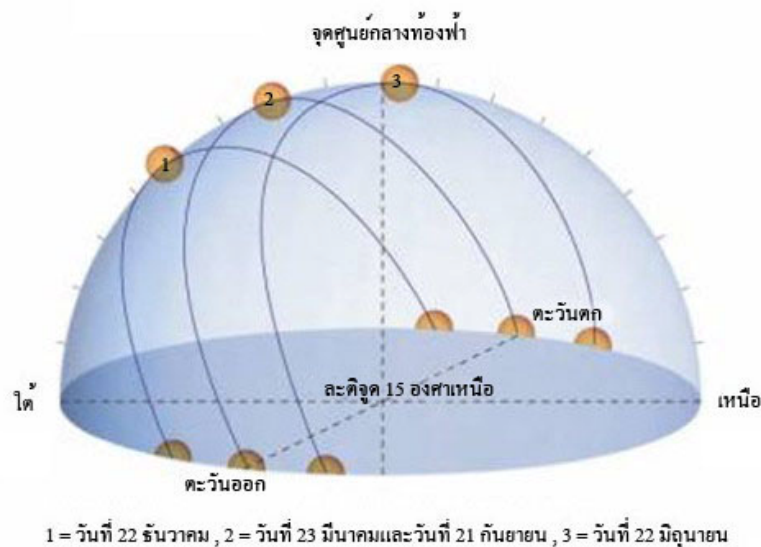
15.30	18.6	18.7	18.7	18.7
15.40	18.5	18.6	18.6	18.6
15.50	18.9	18.9	19.0	19.0
16.00	18.8	18.9	18.9	18.9
16.10	18.5	18.6	18.6	18.6
16.20	18.5	18.5	18.6	18.6
16.30	18.4	18.5	18.5	18.5
16.40	18.2	18.3	18.3	18.2
16.50	17.0	17.0	17.0	16.9
17.00	16.4	16.4	16.4	16.3
ค่าเฉลี่ย(Mean)	18.45574	18.52459	18.54754	18.5082
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน(S.D.)	0.4	0.4	0.45	0.4

**ตารางที่ 2.2** ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลา

ช่วงเวลา	0 องศา	10 องศา	20 องศา	30 องศา
7.00 น. - 9.30 น.	17.83125	17.8875	17.91875	17.86875
9.40 น. - 12.00 น.	18.74000	18.84000	18.87333	18.84000
12.10 น. - 14.30 น.	18.96000	19.03333	19.04667	19.00667
14.40 น. - 17.00 น.	18.33333	18.38000	18.39333	18.36000

## วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2

จากผลการทดลองในตาราง จะเลือกมุมเอียงไปในทิศใต้ทิศทางเดียว เนื่องจากประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตบนเส้นศูนย์สูตรจึงมาทางทิศเหนือ ดังนั้น ดวงอาทิตย์จึงค่อนข้างเอียงไปทางทิศใต้ แสดงได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ตามฤดูกาล

ซึ่งตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะเอียงไปตามฤดูกาล ซึ่งในช่วงที่ทำการทดลอง จะเป็นฤดูหนาว ตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะค่อนข้างเอียงไปทางใต้มาก

จากการทดลองปรับมุมในแนวทิศเหนือ-ใต้ ในมุมต่างๆกัน คือ เอียงไปทางใต้ 10 องศา 20 องศา และ 30 องศา ค่าแรงดันที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ ค่อนข้างมีค่าใกล้เคียงกัน ต่างกันแค่เล็กน้อย อาจเป็นเพราะมุมที่เอียงไปมีค่าต่างกันแค่เล็กน้อย จึงทำให้ไม่มีผลต่อการรับแสงของแผงโซลาร์เซลล์มากนัก

## สรุปผลการทดลองที่ 2

จากผลการทดลอง จะเห็นว่า มุมเอียงของแผงโซลาร์เซลล์ในแนวเหนือ-ใต้ มีผลกระทบ น้อยมากต่อการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยจะเห็นได้จากค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ที่มุมเอียง 0,10,20 และ 30 องศา ที่เวลาต่าง ๆ กันนั้นมีค่าแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกัน ทำให้เราสามารถออกแบบ ระบบการหมุนแผงโซลาร์เซลล์ได้ง่ายขึ้น เพราะไม่ต้องพิจารณามุมเอียง ในแนวเหนือ-ใต้อีกต่อไป

### **การทดลองที่ 3** การทดสอบการหมุนของแผงโซลาร์เซลล์ในทิศตะวันออก-ตก

จากการทดลองที่ 2 เราได้ทำการศึกษาการเอียงของแผงโซลาร์เซลล์ในทิศเหนือ-ใต้ จากการทดลอง ปรากฏว่า ผลที่ได้จากการเอียงแผงโซลาร์เซลล์ทำมุม 0, 10, 20 และ 30 องศา กับแนวระนาบในทิศเหนือ-ใต้ มีค่าแรงดันไฟฟ้าไม่แตกต่างกันมากนัก ในการทดลองที่ 3 จึงกำหนดมุมเอียง เป็น 0 องศา กับแนวระนาบในทิศเหนือ-ใต้ และทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า ระหว่างเวลา 7.00 น. – 17.00 น. ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์จะมีการหมุนในทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก

#### **วัตถุประสงค์**

เพื่อบันทึกค่าแรงดันจากแผงโซลาร์เซลล์ในช่วงเวลาต่างๆ ขณะที่แผงโซลาร์เซลล์มีการหมุนจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก

#### **ขั้นตอนการทดลอง**

1. ปรับมุมแผงโซลาร์เซลล์ในทิศเหนือ-ใต้ ไปที่ 0 องศา กับแนวระนาบ
2. เริ่มการทำงานโดยหมุนแผงโซลาร์เซลล์ในทิศตะวันออก-ตก จากตำแหน่งที่ 1 หรือที่ 22.5 องศา
3. เริ่มทำการบันทึกค่าแรงดัน DC ตั้งแต่ที่เวลา 7.00 น. เป็นต้นไป ทุกๆ 10 นาที
4. ทำการบันทึกค่าจนถึงเวลา 17.00 น.
5. ทำการทดลองซ้ำเป็นเวลา 4 วัน

### ผลการทดลองที่ 3

ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 การทดสอบการหมุนของแผงโซลาร์เซลล์ในทิศตะวันออก-ตก

	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
เวลา ( น. )	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
7.00	17.2	19.7	19.5	19.7
7.10	17.5	19.6	19.7	19.7
7.20	17.2	19.7	19.7	19.7
7.30	17.2	19.8	19.8	19.9
7.40	17.4	19.8	19.7	19.9
7.50	17.5	19.7	19.8	19.8
8.00	17.7	19.9	19.9	20.0
8.10	17.7	20.0	19.9	20.1
8.20	17.9	20.0	19.8	20.0
8.30	18.0	20.1	19.9	20.2
8.40	17.8	20.0	20.0	20.2
8.50	18.0	20.1	20.0	20.3
9.00	18.5	20.1	20.1	20.2
9.10	18.4	20.0	20.0	20.1
9.20	18.7	20.0	20.1	19.9
9.30	18.6	20.1	20.0	20.0
9.40	18.8	20.1	20.0	20.1
9.50	18.8	19.9	19.9	20.1
10.00	18.7	19.9	20.0	20.0
10.10	18.6	19.9	20.0	20.1
10.20	18.8	20.0	20.0	20.0
10.30	18.7	20.1	19.9	20.0

10.40	18.9	20.0	20.0	20.0
10.50	19.0	20.1	20.1	20.1
11.00	18.8	20.0	20.0	20.0
11.10	18.9	20.1	20.1	20.2
11.20	18.7	20.1	20.0	20.0
11.30	18.8	20.1	20.1	20.1
11.40	18.8	20.1	20.1	20.1
11.50	18.5	20.2	20.6	20.1
12.00	18.2	20.0	20.0	20.2
12.10	18.8	20.1	20.4	20.0
12.20	18.8	20.1	20.1	20.1
12.30	18.7	20.1	20.0	20.0
12.40	18.9	20.1	20.1	20.0
12.50	18.6	20.2	20.1	20.1
13.00	18.6	20.1	20.1	20.1
13.10	19.0	20.0	20.0	20.0
13.20	19.0	20.0	19.9	20.0
13.30	19.5	20.1	19.9	20.5
13.40	19.2	20.0	19.9	20.5
13.50	18.7	19.9	19.7	20.3
14.00	19.0	19.9	19.8	20.3
14.10	19.3	20.0	19.9	20.1
14.20	19.7	20.1	19.9	20.0
14.30	18.6	20.0	19.8	19.9
14.40	18.6	20.1	19.6	20.0
14.50	18.7	20.0	19.7	20.1
15.00	18.8	19.9	19.6	19.9
15.10	18.7	19.8	19.4	19.8
15.20	19.4	19.8	19.5	19.7

15.30	18.6	19.6	19.5	19.8
15.40	18.5	19.4	19.4	19.7
15.50	18.9	19.3	19.3	19.5
16.00	18.8	19.2	19.2	19.4
16.10	18.5	19.2	19.3	19.3
16.20	18.5	19.0	19.2	19.1
16.30	18.4	18.7	19.0	19.1
16.40	18.2	18.9	18.9	18.9
16.50	17.0	18.7	18.7	18.6
17.00	16.4	18.6	18.5	18.6
ค่าเฉลี่ย(Mean)	18.4704918	19.8377049	19.7885246	19.904918
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน(S.D.)	0.4	0.55	0.5	0.55

**ตารางที่ 3.2** ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าแบ่งเป็นช่วงเวลา

ช่วงเวลา	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
7.00 น. - 9.30 น.	17.83125	19.91250	19.86875	19.98125
9.40 น. - 12.00 น.	18.73333	20.04000	20.05333	20.07333
12.10 น. - 14.30 น.	18.96000	20.04667	19.97333	20.12667
14.40 น. - 17.00 น.	18.40000	19.34667	19.25333	19.43333

### วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 เป็นการทดลองการหมุนของแผงโซลาร์เซลล์ ในทิศตะวันออก-ตก เพื่อเก็บค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ โดยใช้เวลาในการทดลอง 4 วัน แต่ละวันก็จะมีสภาพอากาศที่แตกต่างกันไป ซึ่งอาจทำให้ค่าแรงดันที่ได้มีค่าต่างกันไปในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน

จากการทดลองแสดงค่าของแรงดัน ตั้งแต่ เวลา 7.00 น. – 17.00 น. จะเห็นว่าค่าแรงดันไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ โดยจะมีค่าน้อยเฉพาะตอนช่วงเช้า และช่วงเย็นเท่านั้น ทั้งนี้เพราะแสงในช่วงนั้นมีความเข้มน้อย และจะสังเกตเห็นว่า ในแต่ละวันก็จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกัน โดยค่าแรงดันที่ได้ก็จะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศในวันนั้นด้วย

จากผลการทดลองที่ได้ จะสังเกตเห็นว่าถ้าวันที่มีเมฆ ค่าผลต่างของแรงดันต่ำสุดกับสูงสุดจะมีค่ามาก แต่ถ้าวันที่แดดแรง ไม่มีเมฆ ผลต่างแรงดันที่ต่ำสุดและสูงสุดก็จะน้อยด้วย ซึ่งสามารถแสดงค่าต่างๆ ได้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลสภาพอากาศและแรงดันไฟฟ้า

ข้อมูล	วันที่ทำการทดลอง			
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
สภาพภูมิอากาศ	มีเมฆบ้าง	แดดแรง, ไม่มีเมฆ	แดดแรง, ไม่มีเมฆ	แดดแรง, ไม่มีเมฆ
ค่าแรงดันต่ำสุด	16.4 โวลต์	18.6 โวลต์	18.5 โวลต์	18.6 โวลต์
ค่าแรงดันสูงสุด	19.7 โวลต์	20.2 โวลต์	20.6 โวลต์	20.5 โวลต์
ค่าแรงดันเฉลี่ย	18.47 โวลต์	19.84 โวลต์	19.79 โวลต์	19.90 โวลต์
ผลต่างแรงดัน (สูงสุด-ต่ำสุด)	3.3 โวลต์	1.6 โวลต์	2.1 โวลต์	1.9 โวลต์

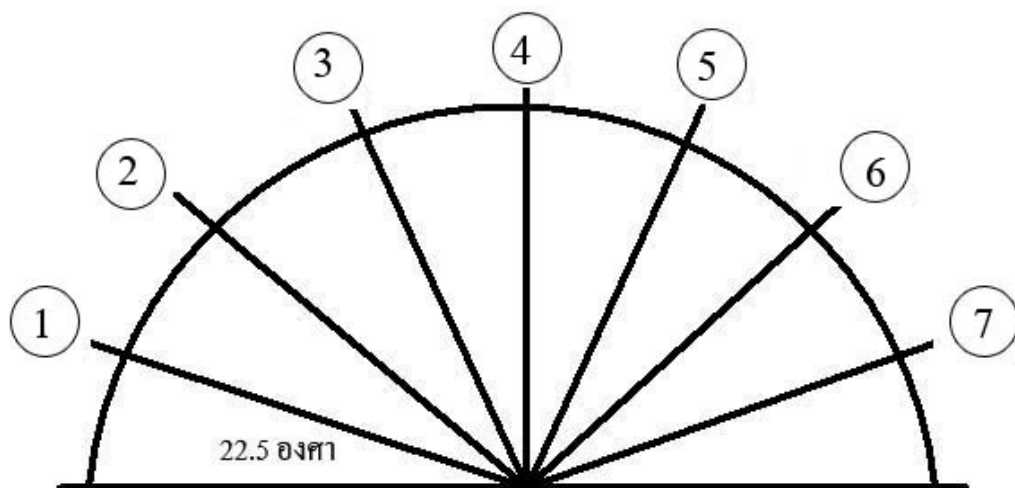
### สรุปผลการทดลองที่ 3

จากการทดลองเก็บค่าแรงดันในแต่ละวัน ค่าแรงดันที่ได้ค่อนข้างคงที่ แต่ก็ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศด้วย คือ วันที่อากาศค่อนข้างมีเมฆ ค่าแรงดันที่ได้จากการเก็บผลมีค่าอยู่ในช่วง 16 - 20 โวลต์ แต่ถ้าวันที่อากาศไม่มีเมฆ แรงดันก็จะมีค่ามากขึ้น อยู่ในช่วง 18 – 21 โวลต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลของการทดลองที่ 1 พบว่าการหมุนแผงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางดวงอาทิตย์ จะสามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากกว่า

#### การทดลองที่ 4 การทดสอบวัดมุมเทียบกับจำนวนรอบของการหมุนของสเต็ปปีงมอเตอร์

การหมุนของแผงโซลาร์เซลล์ จะเกิดขึ้นเมื่อผลการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก LDR ในวงจร ระหว่างจุด 2 จุด (เช่นที่มุม 22.5 องศา กับ มุม 45 องศา) ให้ผลลัพธ์ออกมาว่า แรงดันที่ตำแหน่ง 45 องศา มากกว่าที่ 22.5 องศา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความเข้มแสงที่มุม 45 องศา มากกว่า 22.5 องศา ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องสั่งการให้เกิดการหมุนแผงโซลาร์เซลล์ ไปยังตำแหน่งดังกล่าว

ความถูกต้องของตำแหน่งใหม่ที่หมุนไป จะขึ้นกับจำนวนรอบการหมุน ที่กำหนดให้กับ สเต็ปปีงมอเตอร์ การทดลองนี้จึงเป็นการหาจำนวนรอบของการหมุนที่ถูกต้อง ในแต่ละตำแหน่งที่ต้องหมุนไป เพื่อนำไปกำหนดค่าคงที่ ในโปรแกรมควบคุมการหมุนสเต็ปปีงมอเตอร์ต่อไป ตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์

#### วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาจำนวนรอบที่ใช้ในการหมุนสเต็ปปีงมอเตอร์ ให้ได้มุมตามที่ต้องการ



### ขั้นตอนการทดลอง

1. ปรับมุมไปที่ตำแหน่ง 22.5 องศา หรือที่ตำแหน่งที่ 1 ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผงโซลาร์เซลล์ตำแหน่งที่ 1

1. เริ่มการทำงานของสแต็ปปีงมอเตอร์ แล้วนับรอบการหมุน จนกว่าจะถึงที่ตำแหน่งต่อไป คือ 45.0 องศา หรือตำแหน่งที่ 2 แล้วบันทึกค่า
2. นับรอบการหมุนของสแต็ปปีงมอเตอร์ ไปเรื่อยๆ เมื่อถึงมุมที่ต้องการก็บันทึกค่าแล้วนับรอบต่อไปจนกว่าจะถึงตำแหน่งที่ 7
3. ทำการทดลองซ้ำเพื่อที่จะบันทึกค่า ครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3 ต่อไป

### ผลการทดลองที่ 4

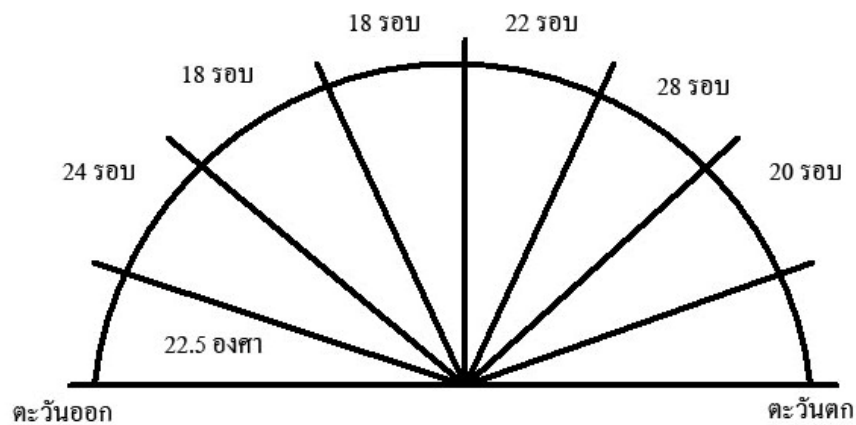
ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนรอบของการหมุนของสแต็ปปีงมอเตอร์

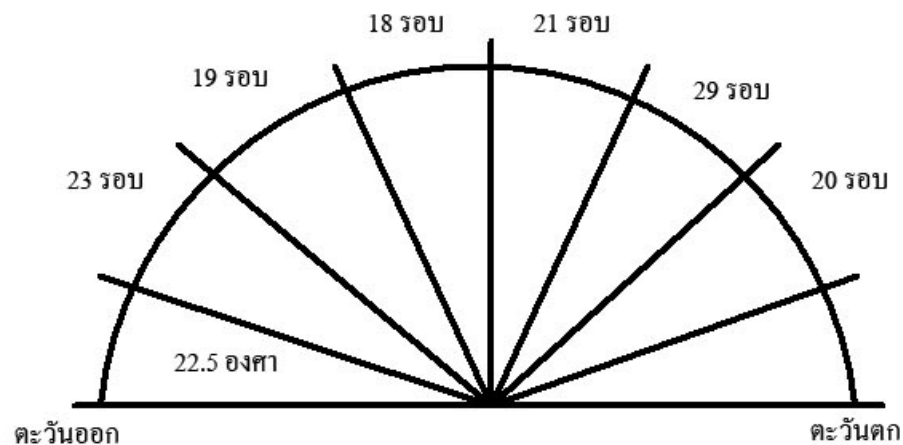
มุม / ตำแหน่ง	จำนวนรอบการหมุนสแต็ปปีงมอเตอร์			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
22.5 องศา / 1	0	0	0	0
45.0 องศา / 2	24	23	24	24
67.5 องศา / 3	42	42	42	42
90.0 องศา / 4	60	60	60	60
112.5 องศา / 5	82	81	82	82
135.0 องศา / 6	110	110	110	110
157.5 องศา / 7	130	130	130	130

#### วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 4

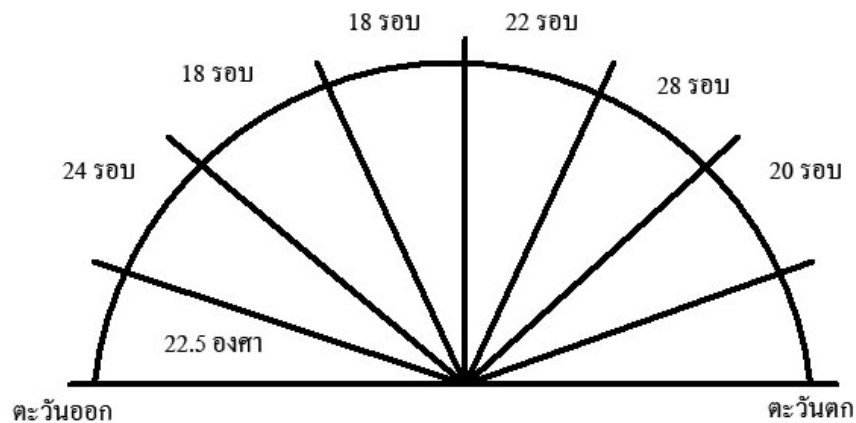
ในการทดลองเพื่อ หาจำนวนรอบของการหมุนของสเต็ปปีงมอเตอร์ เพื่อให้ได้มุม 22.5 องศา ในแต่ละช่วง ซึ่งจากการทดลองจำนวน 3 ครั้ง พบว่าในแต่ละช่วงที่หมุนไปให้ได้องศาเท่ากัน นั้น จะต้องใช้จำนวนรอบการหมุน ที่แตกต่างกัน โดยแสดงดังรูปที่ 4.3-4.5



รูปที่ 4.3 การทดลองครั้งที่ 1



รูปที่ 4.4 การทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 4.5 การทดลองครั้งที่ 3

ซึ่งจากการทดลอง ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยที่ได้จะนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรม ควบคุมการหมุนของสเต็ปปีงมอเตอร์ สาเหตุที่จำนวนรอบการหมุนของสเต็ปปีงมอเตอร์มีค่าต่างกัน อาจจะเกี่ยวกับเรื่องของโครงสร้างของแผงโซลาร์เซลล์

ตารางที่ 4.2 จำนวนรอบของสเต็ปมอเตอร์ในแต่ละช่วง

มุม / ตำแหน่ง	จำนวนรอบการหมุนสเต็ปปีงมอเตอร์
22.5 องศา / 1	-
45.0 องศา / 2	24
67.5 องศา / 3	18
90.0 องศา / 4	18
112.5 องศา / 5	22
135.0 องศา / 6	28
157.5 องศา / 7	20

### สรุปผลการทดลองที่ 3

การทดลองนี้ ทำให้เราสามารถกำหนดจำนวนรอบของการหมุนของสเต็ปปีงมอเตอร์เพื่อนำไปเขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ อย่างถูกต้องต่อไป

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

โครงการนี้ ได้ทำการศึกษาถึงการควบคุมแรงแชงโซลาร์เซลล์ให้หมุนตามทิศทางของดวงอาทิตย์ เพื่อให้สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ ให้ได้ดีที่สุด การควบคุมการหมุนแรงแชงโซลาร์เซลล์ดังกล่าวเป็นการควบคุมแบบลูปเปิด(Open-Loop) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด

จากการทดลอง การหาตำแหน่งมุมเอียงของแรงแชงโซลาร์เซลล์ในแนวทิศเหนือ-ใต้ จะเห็นว่าขนาดของแรงดันที่วัดได้ที่ตำแหน่งมุมที่แตกต่างกันนั้น มีค่าที่แตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องออกแบบให้แรงแชงโซลาร์เซลล์หมุนในแนวทิศเหนือ-ใต้ เพื่อจะไม่สิ้นเปลืองพลังงาน และจากการทดสอบการหมุนของแรงแชงโซลาร์เซลล์ในทิศตะวันออก-ตะวันตก เครื่องควบคุมแรงแชงโซลาร์เซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์ สามารถที่จะควบคุมโดยทำการหมุนแรงแชงโซลาร์เซลล์ไปตามมุมที่ได้กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะทำให้แรงแชงโซลาร์เซลล์สามารถรับพลังงานจากแสงของดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีไม่เพียงพอกับการใช้งาน เช่น เลื่อย สว่าน เป็นต้น

#### 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการวิจัยในอนาคต

1. ควรมีทักษะในการใช้โปรแกรมต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น โปรแกรมออกแบบลายวงจร
2. การเลือกใช้สเต็ปปีงมอเตอร์ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับแรงแชงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ คือ จะต้องดูเรื่องของน้ำหนักแรงแชงโซลาร์เซลล์ด้วย ว่าสเต็ปปีงมอเตอร์มีกำลังเพียงพอหรือไม่ และถ้าต้องการให้แรงแชงโซลาร์เซลล์หมุนเร็วหรือช้า สามารถทำได้ 3 วิธีคือ
  - 2.1 เลือกใช้แกนเกลียว
  - 2.2 เลือกใช้สเต็ปปีงมอเตอร์ (เพราะสเต็ปปีงมอเตอร์ จะมีความกว้างของการหมุนต่อสเต็ปต่างกัน)
  - 2.3 เลือกในการเขียนโปรแกรมโดยการเปลี่ยนค่าหน่วยเวลา
3. การออกแบบโครงสร้างของแรงแชงโซลาร์เซลล์ ควรออกแบบให้มีความสมดุลเพราะจะเกี่ยวข้องต่อการเลือกใช้สเต็ปปีงมอเตอร์และการสร้างวงจรขับเคลื่อนสเต็ปปีงมอเตอร์ด้วย

4. ควรศึกษาต่อเรื่องพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับมาจากแผงโซลาร์เซลล์กับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในระบบมีความคุ้มค่ากันหรือไม่ และยังสามารถบอกได้ถึงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปได้ด้วย
5. ควรศึกษาเรื่องการออกแบบโครงสร้างของแผงโซลาร์เซลล์ ให้มีความแข็งแรง และในส่วนของจุดหมุน ควรออกแบบให้มีแรงเสียดทานน้อยกว่านี้

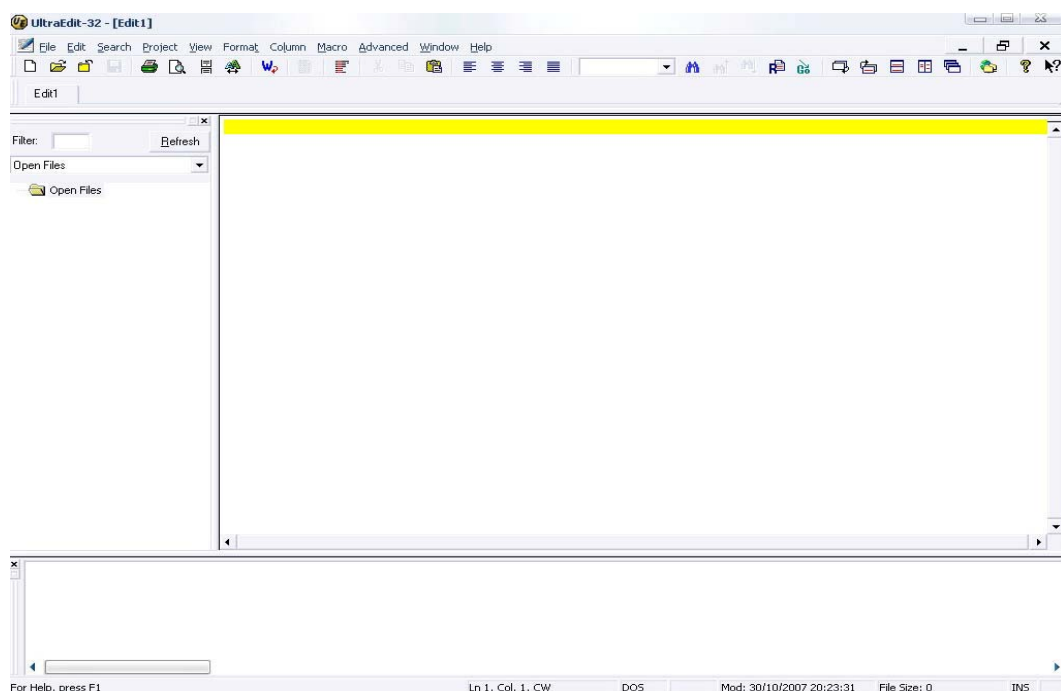
ภาคผนวก ก  
โปรแกรมคอมพิวเตอร์

## โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน ข้อมูลของโปรแกรมจะต้องอยู่ในรูปของรหัสเลขฐานสิบหกหรือที่เรียกกันทั่วไปว่าภาษาเครื่อง หรือ แมชีนโค้ด (Machine Code) แต่เนื่องจากการเขียนโปรแกรมในลักษณะที่เป็นภาษาเครื่องนี้ ผู้เขียนต้องทำการเปิดตารางรหัสคำสั่งซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก และทำให้การตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นกระทำได้ยาก จึงหันมาใช้ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลี (Assembly) แล้วใช้ซอฟต์แวร์แอสเซมเบเลอร์ (Assembler) ทำการแปลภาษาแอสเซมบลีที่เขียนขึ้นนั้นเป็นภาษาเครื่อง แล้วเขียนลงในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

### โปรแกรม UltraEdit32

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียน Source Program และคอมไพล์ Source Program ที่เขียนขึ้นมาเป็นภาษาเครื่อง ที่สามารถใช้งานเพื่อศึกษาและควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้ขอแนะนำโปรแกรมที่ชื่อ UltraEdit32 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาแอสเซมบลี ดังรูป



รูปที่ 1 โปรแกรม UltraEdit32

## โครงสร้างของโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักคือ

1. **ลาเบล(Label)** ใช้ในการอ้างอิงบรรทัดใดบรรทัดหนึ่งของโปรแกรมที่ทำการเขียนขึ้น
2. **รหัสนิมิก(Mnemonic)** เป็นส่วนแสดงคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต้องการให้กระทำ
3. **โอเปอเรนด์(Operand)** เป็นส่วนที่แสดงถึงตัวกระทำหรือถูกกระทำและข้อมูลที่ใช้ในการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดโดยรหัสนิมิกก่อนหน้านี้
4. **คอมเมนต์(Comment)** เป็นส่วนที่ผู้เขียนโปรแกรมเขียนขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายคำสั่งที่กระทำ หรือผลของการกระทำคำสั่งในบรรทัดหรือในโปรแกรมย่อยนั้นๆ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นได้ง่าย รวมถึงประโยชน์ต่อผู้อื่นที่นำโปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้ไปศึกษาอย่างมากด้วย

ลาเบล	นิมิก	โอเปอเรนด์	คอมเมนต์
	ORG	0000H	; Reset Vector
	AJMP	INITIAL	; Jump to initial
INITIAL:	MOV	PO,#00000000B	; Clear Databus
	MOV	P1,#11101111B	; Clear status all devices
	MOV	P2,#11111111B	; Clear status keypad
	MOV	P3,#00011111B	; Clear status LCD
MAIN:	SETB	DRIVER_LE	; Enable Driver Latch
	MOV	RO,#7	; Set 7 times loop
	MOV	A,#00000001B	; Initial ACC.Value
	END		

รูปที่ 2 ตัวอย่างโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่มีส่วนประกอบหลักครบถ้วน



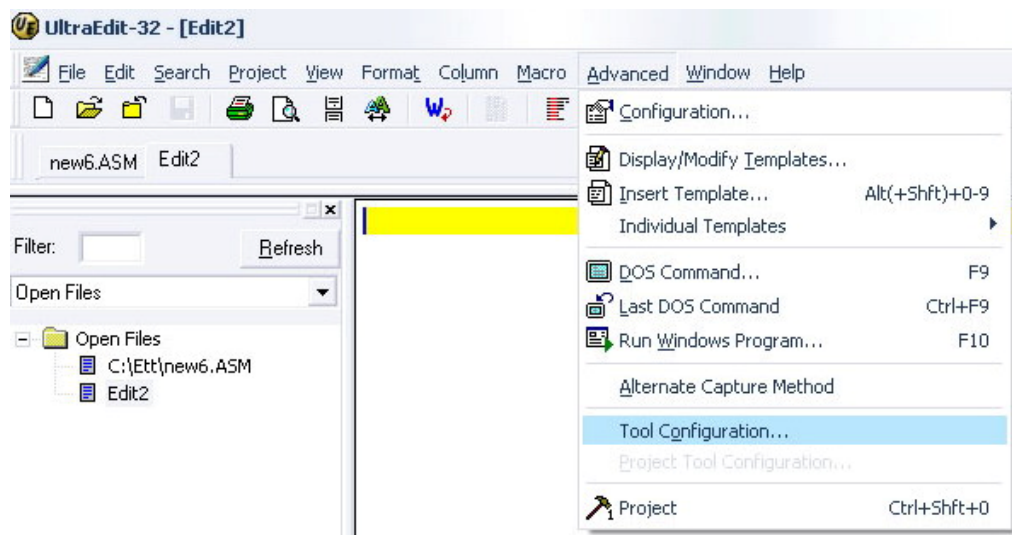
ในรูปที่ 2 แสดงถึงโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่มีส่วนประกอบครบทั้ง 4 ส่วนการแบ่งแยกส่วนประกอบทั้งสี่ส่วนนี้ควรใช้การกดปุ่ม Tab ส่วนประกอบทั้งสี่ที่ระบุนี้ไม่ใช่ข้อกำหนดที่ตายตัวแต่อย่างใด ในบางโปรแกรมอาจเขียนโดยไม่ต้องมีลาเบล โปรแกรมที่ไม่มีลาเบลมักเป็นโปรแกรมเล็กแทบจะไม่มีการตรวจสอบเงื่อนไขหรือเกิดการกระโดดเลย ในบางคำสั่งของภาษาแอสเซมบลีที่ไม่มีโอเปอร์เรนด์ อาทิ คำสั่ง RET หรือ RETI เป็นต้น สำหรับคอมเมนต์ก็เช่นกัน ผู้เขียนโปรแกรมอาจไม่เขียนคอมเมนต์ก็ได้

### การแอสเซมเบลอร์

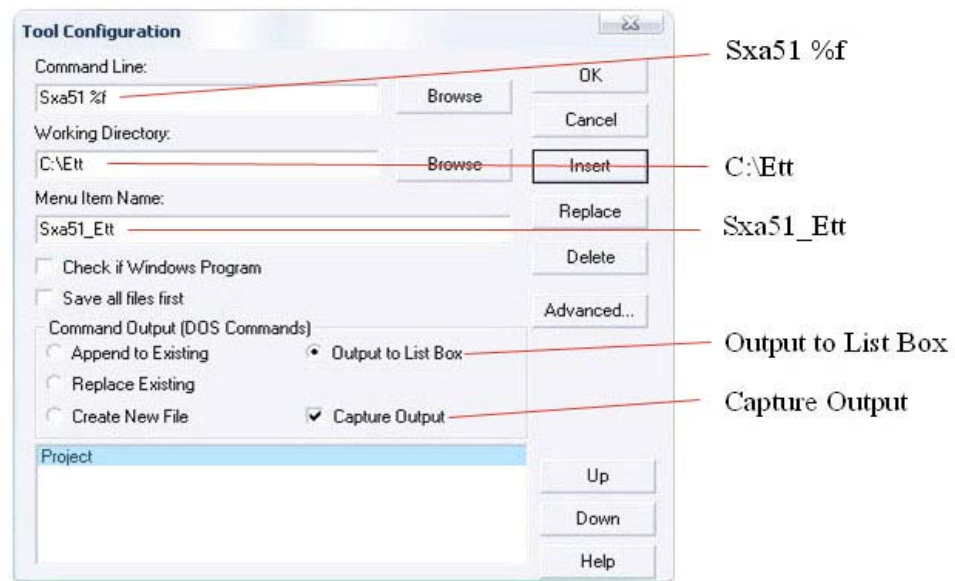
เมื่อทำการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือทำการแปลความหมายของภาษาแอสเซมบลีเป็นภาษาเครื่องหรือแมชีนโค้ด หลังจากการแอสเซมเบลอร์ (assembler) สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาคือ ไฟล์ที่มีชื่อเดียวกับไฟล์แอสเซมบลี (นามสกุล .ASM) แต่มีนามสกุล .LST และ .HEX ยกตัวอย่าง ทำการแอสเซมเบลอร์ไฟล์ XAMPLE.ASM หลังจากการแอสเซมเบลอร์จะเกิดไฟล์ XAMPLE.LST และ XAMPLE.HEX หากไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ ไฟล์นามสกุล .HEX จะเป็นไฟล์ที่นำไปใช้ในการเขียนลงในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

ลำดับขั้นตอนการคอมไพล์ Source Program ให้เป็น binary file (UltraEdit32+WinXP)

### การตั้งค่า



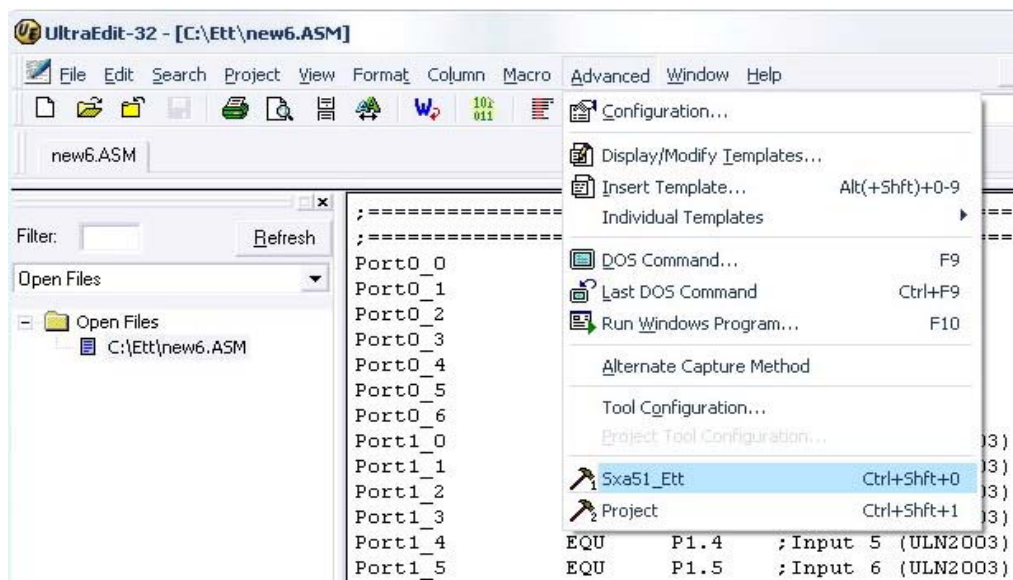
คลิกเมาส์ที่คำสั่ง Advanced → Tool Configuration...



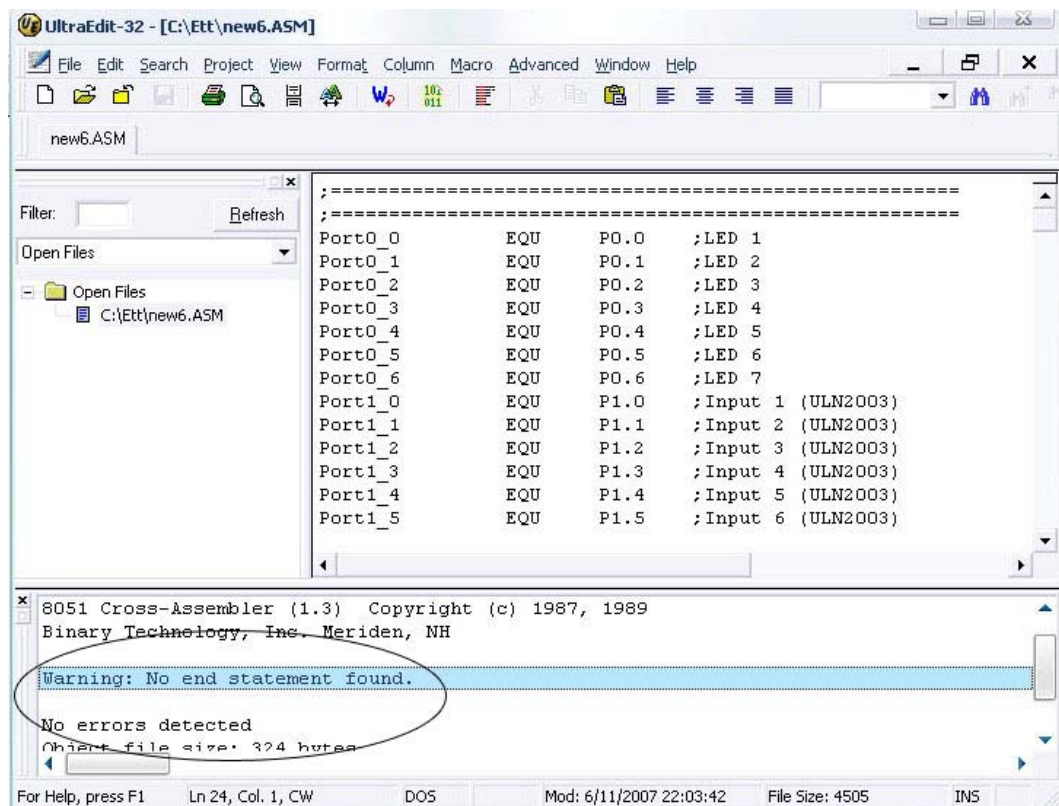
คลิก Insert →คลิก OK

## การใช้งาน

เปิดหน้าต่าง File ที่ต้องการ Compile



คลิก Advanced → Sxa51\_Ett



ผลการ Compile → No error detected >>> ทำการ Load ,RUN

→ Error >>> แก้ไข และ Compile ใหม่

## โปรแกรม FLIP 2.4.6

การ Download Hex File ให้กับหน่วยความจำ Flash ของ MCU ในบอร์ดนั้น จะใช้โปรแกรมชื่อ “FLIP” ของ ATMEL ซึ่งจะติดต่อกับ MCU ผ่าน Serial Port ของคอมพิวเตอร์ PC โดยโปรแกรมดังกล่าวสามารถดาวน์โหลดได้จาก WWW.ATMEL.COM โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ

**การ Download Hex file ให้กับ MCU ของบอร์ด**

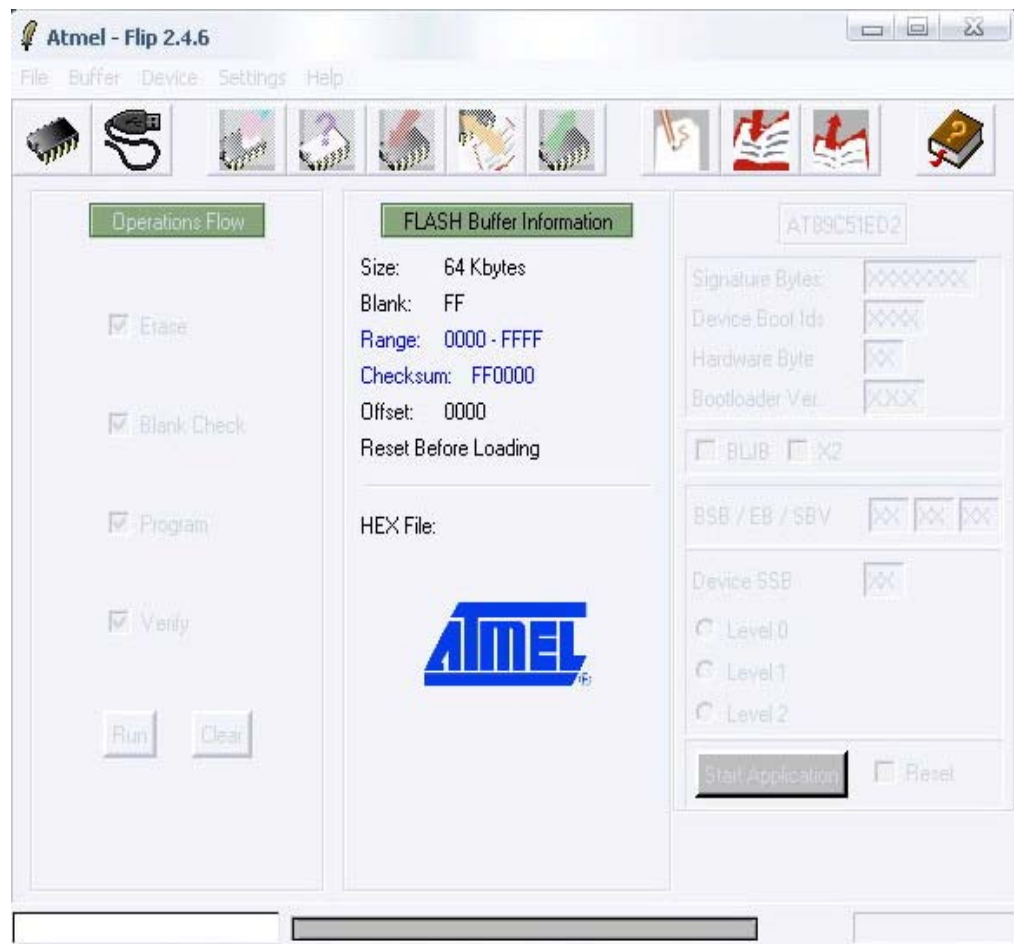
โปรแกรม FLIP (Flexible In-system Programmer) เป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ของ ATMEL โดยสามารถใช้สนับสนุนการพัฒนาโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 ในกลุ่มที่ใช้การพัฒนาแบบ ISP ซึ่งรวมถึงเบอร์ AT89C51ED2 ด้วย โดยโปรแกรมจะทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการของ Windows 9X/Me/NT/2000 และ Windows XP โดยสนับสนุนการเชื่อมต่อกับระบบฮาร์ดแวร์ที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ RS232 หรือ CAN หรือ USB ซึ่งวิธีการเชื่อมต่อของโปรแกรม FLIP กับระบบฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะขึ้นอยู่กับความสามารถของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะนำมาทำการพัฒนาว่าสามารถใช้การติดต่อสื่อ

สารด้วยวิธีใดได้บ้าง แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ **AT89C51ED2** นั้นจะสามารถใช้การเชื่อมต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS232 เท่านั้น ไม่สามารถเชื่อมต่อผ่านระบบการสื่อสารของ CAN หรือ USB ได้ โดยโปรแกรม FLIP จะใช้สำหรับ Download ข้อมูลให้กับหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานใน Monitor Mode เพื่อให้ผู้ใช้สั่งจัดการกับหน่วยความจำภายในตัว CPU ไม่ว่าจะเป็นการลบข้อมูล(Erase) ตั้ง ตรวจสอบข้อมูลในหน่วยความจำ(Blank Check) ตั้ง โปรแกรมข้อมูลให้กับหน่วยความจำโปรแกรมของ CPU (Program) ตั้งเปรียบเทียบข้อมูลจาก Buffer กับหน่วยความจำในตัว CPU (Verify) หรือสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของ CPU (Read) เป็นต้น โดยในการ Download HEX File จาก PC ให้กับบอร์ดจะใช้กับสาย RS232 แบบ 4 Pin ในการสั่ง Download โปรแกรม ซึ่งสามารถใช้งานได้กับโปรแกรม FLIP ทุกรุ่น ซึ่งเมื่อต้องการให้โปรแกรม FLIP ติดต่อกับ CPU ใน Monitor Mode ด้วยวิธีการ Download แบบ Manual นั้นจะต้องตั้ง Reset ให้ CPU เข้าทำงานใน Monitor Mode ก่อน จึงจะสามารถสั่งงาน CPU ผ่านทางโปรแกรม FLIP ได้ ซึ่งหลักการสำหรับ Reset ให้ CPU เข้าทำงานใน Monitor Mode จะต้องกำหนดให้ขาสัญญาณ PSEN มีสถานะเป็น “0” ในขณะที่ CPU หลุดพ้นจากสถานะของการ Reset ซึ่งตามปกติแล้วหลังการ Reset ทุกครั้ง CPU จะตรวจสอบสถานะของขาสัญญาณ PSEN ว่าเป็น “0” หรือไม่ ถ้าไม่ใช่ก็จะทำงานในโหมดการทำงานปกติ แต่ถ้าใช่ก็จะตรวจสอบสถานะของสัญญาณอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการทำงานใน Monitor Mode ถ้าเงื่อนไขอื่นๆถูกต้องก็จะเข้าทำงานใน Monitor Mode ทันที (อ้างอิงการใช้งานกับโปรแกรม FLIP Version 2.4.6 เป็นหลัก ถ้าใช้รุ่นที่แตกต่างไปจากนี้ ลักษณะโปรแกรมอาจแตกต่างไปจากนี้ได้)

#### **ลำดับขั้นตอนการ Download HEX File ด้วยโปรแกรม FLIP 2.4.6**

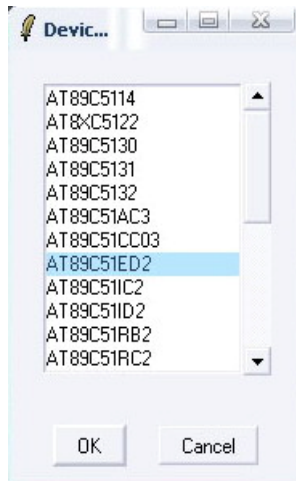
1. ต่อสายสัญญาณ RS232 จาก Com Port ของเครื่องคอมพิวเตอร์ PC เข้ากับขั้ว RS232 แบบ 4 Pin ของบอร์ด
2. จ่ายไฟเลี้ยงวงจรให้บอร์ด ซึ่งจะสังเกตเห็น LED แสดงสถานะของ PWR สีแดง ติดสว่างอยู่

3. สั่ง Run โปรแกรม FLIP V2.4.6 ซึ่งจะได้ผลดังรูป



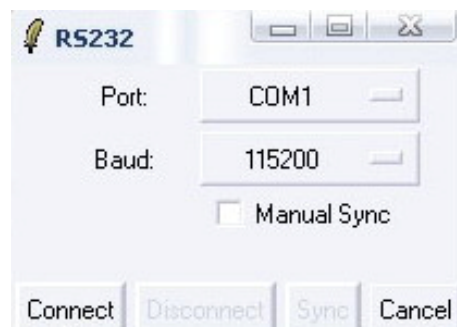
รูปแสดง โปรแกรม FLIP V2.4.6

4. ตั้งเลือกกำหนดเบอร์ ของ MCU ที่ติดตั้งไว้ในบอร์ด โดยเลือก Device → Select ซึ่งต้องเลือกกำหนดให้ตรงกับที่ทำการติดตั้งไว้จริงๆในบอร์ดด้วย ดังตัวอย่าง (AT89C51ED2)



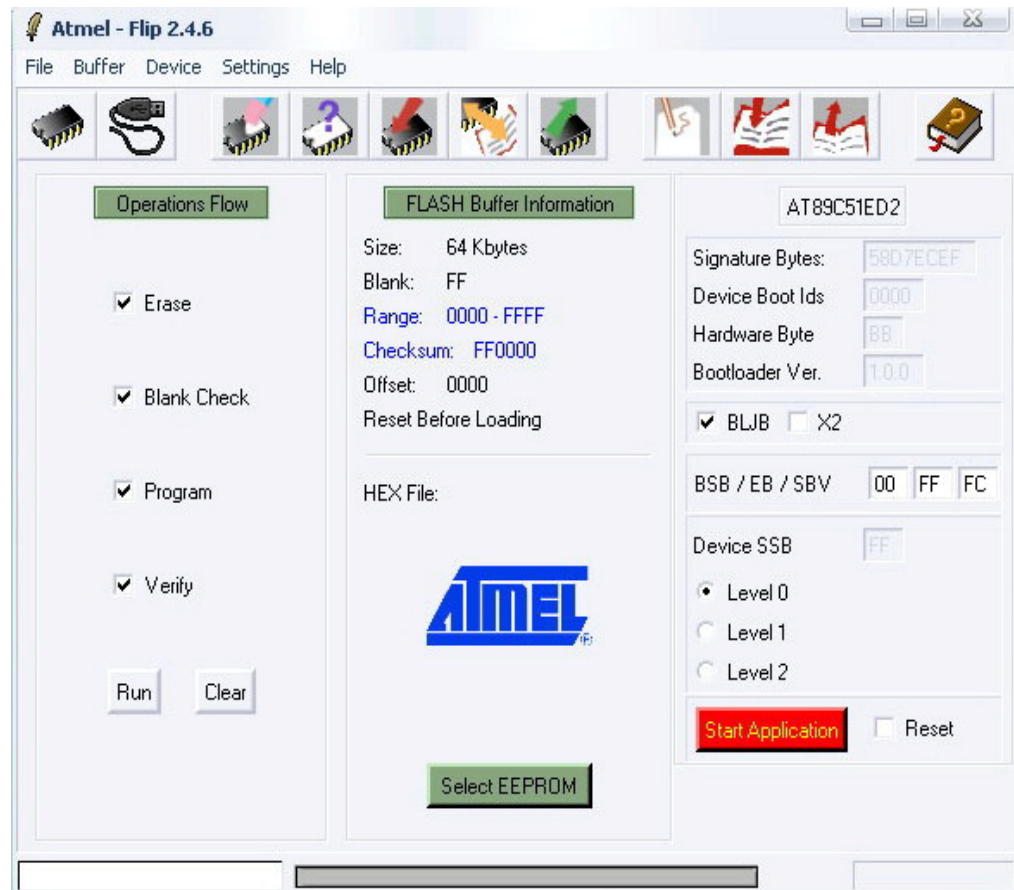
รูปแสดง การเลือกกำหนดเบอร์ CPU (AT89C51ED2)

5. คลิกเมาส์ที่คำสั่ง Setting → Communication → RS232 จากนั้นเลือกกำหนด Comport ให้ตรงกับที่ต่อสายไว้จริง ดังรูป (ในตัวอย่างใช้ Com1)



6. ทำการรีเซ็ต MCU ให้เข้าทำงานใน Monitor โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้
- กดสวิตช์ PSEN ค้างไว้เพื่อกำหนดสถานะขาสัญญาณ PSEN ให้เป็น “0”
  - กดสวิตช์ RESET เพื่อส่งสัญญาณ RESET ให้กับ CPU โดยสวิตช์ PSEN ต้องกดค้างอยู่เช่นเดิม
  - ปล่อยสวิตช์ RESET เพื่อปล่อยให้ CPU พ้นจากสภาวะการ Reset (สวิตช์ PSEN ยังกดค้างอยู่)

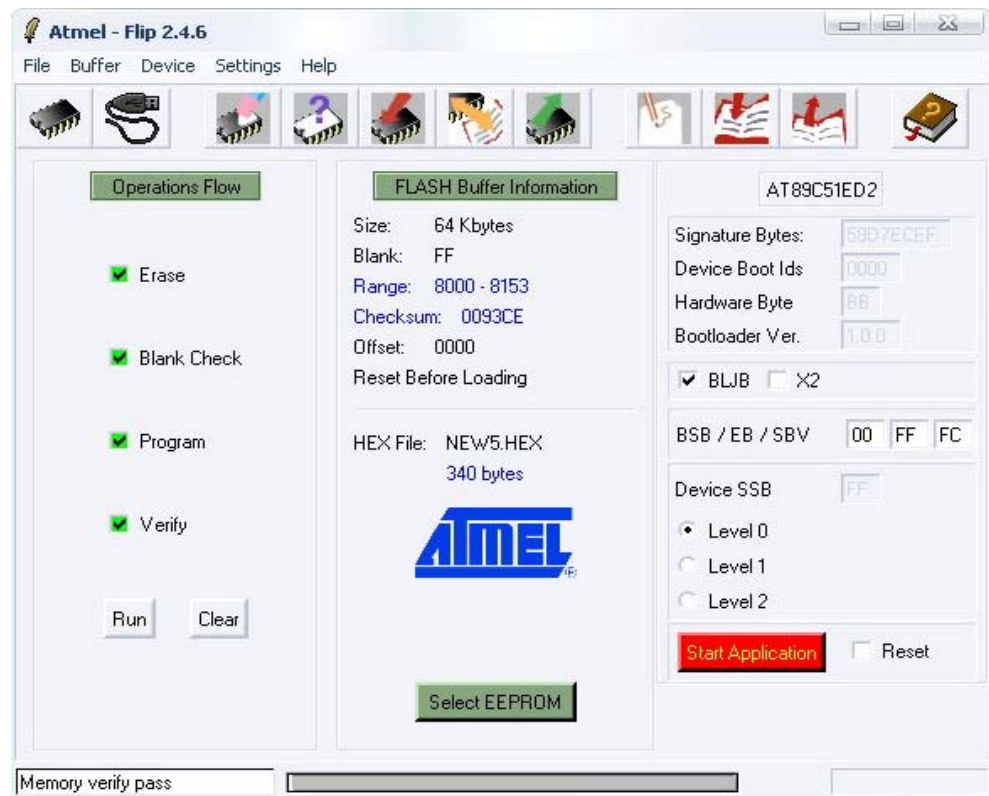
- d) ปล่อยสวิตช์ PSEN เป็นลำดับสุดท้าย
7. คลิกเมาส์ที่ปุ่ม Connect เพื่อทำการติดต่อสื่อสารกับ MCU ใน Monitor Mode ซึ่งจะได้ผลดังรูป



8. สั่งเปิด Hex File ที่ต้องการจะ Download ให้กับ MCU มารอไว้ใน Buffer ของโปรแกรม FLIP โดยใช้คำสั่ง “File → Load Hex File...”



9. คลิกเมาส์ที่หน้าตัวเลือกคำสั่งใน Tab ของ Operation Flow ให้ครบทุกคำสั่ง ซึ่งได้แก่ Erase, Blank Check, Program, Verify จากนั้นคลิกเมาส์ที่ปุ่มคำสั่ง Run และรอจนกระทั่งการทำงานของโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยดังรูป



10. คลิกเมาส์ที่ปุ่มคำสั่ง Start Application เพื่อให้บอร์ดเริ่มต้นทำงานตามโปรแกรมที่ได้ทำการ Download ไปให้

#### ปัญหาต่างๆในขณะใช้งานโปรแกรม FLIP และแนวทางการแก้ไข

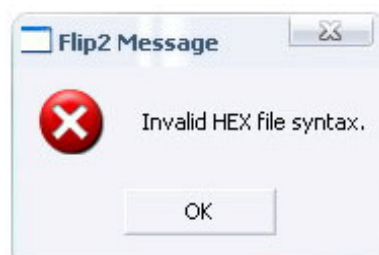
ในบางครั้งเมื่อเรียกใช้คำสั่งต่างๆของโปรแกรม FLIP แล้วอาจเกิดความผิดพลาดบางประการขึ้นซึ่งอาจไม่ใช่ปัญหาที่เกิดจากความบกพร่องของระบบฮาร์ดแวร์ แต่อาจเกิดจากการกำหนดพารามิเตอร์บางอย่างในโปรแกรมไม่ถูกต้องหรือข้ามขั้นตอนบางประการไป ซึ่งเมื่อโปรแกรม FLIP ไม่สามารถปฏิบัติตามคำสั่งที่ผู้ใช้งานสั่งไปได้สำเร็จจะแสดงอาการ Error ต่างๆให้ทราบ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้



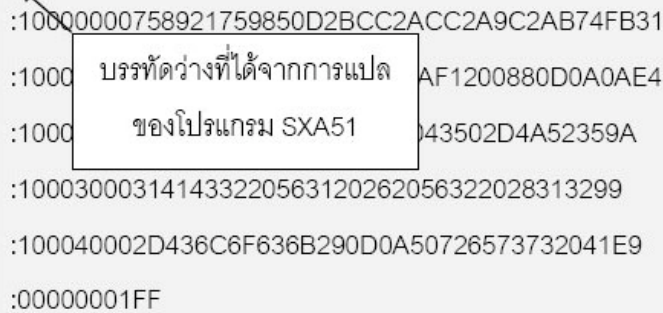
1. **Time Out Error** เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการที่โปรแกรม FLIP ไม่สามารถทำการสื่อสารกับ CPU ใน Monitor Mode ได้ ซึ่งอาจเกิดหลายสาเหตุ เช่น
  - การต่อสายสัญญาณระหว่างขั้วต่อ RS232 ของบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ ขั้วต่อพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 ของคอมพิวเตอร์ยังไม่เรียบร้อยหรือต่อไม่ตรงกับที่กำหนดตัวเลือกไว้ในโปรแกรม หรือการกำหนดรูปแบบและตัวเลือกต่างๆในการสื่อสารไม่ถูกต้อง เมื่อพบปัญหานี้ให้ลองทำการตรวจสอบค่าต่างๆในการสื่อสารใน “Setting → Preferences. และ Setting → Communication → RS232”
  - ยังไม่ได้รีเซ็ตให้ CPU เข้าทำงานใน Monitor Mode รอไว้ก่อนที่จะสั่งงานโปรแกรมในกรณี Download แบบ Manual หรือบอร์ดยังไม่พร้อมทำงาน เช่น ยังไม่ได้จ่ายไฟเลี้ยงให้บอร์ด
  - กำหนดค่า Baudrate เร็วเกินไป ซึ่งในกรณีที่ใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วมากนั้น ควรกำหนดค่า Baudrate ในการสื่อสารให้ช้าลง ซึ่งอาจใช้ค่า 19200 หรือ 9600 ก็พอเพราะถ้ากำหนดให้เร็วมากเกินไป เมื่อโปรแกรม FLIP ส่งข้อมูลให้กับ CPU แบบต่อเนื่องนั้น อาจทำให้ CPU ไม่สามารถประมวลผลคำสั่งหรือข้อมูลต่างๆที่ส่งไปให้ทันก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดบ่อยครั้งขึ้น
2. **Software Security Bit Set. Cannot access device Data** เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการนำ CPU ที่มีการตั้ง Lock Bit ของ Security Bit ไว้ก่อนแล้ว จึงมาสั่ง Program หรือ Verify หรือ Read ในภายหลังโดยยังไม่ได้ลบข้อมูลเก่าออกเสียก่อน ซึ่งให้แก้ปัญหาด้วยการลบข้อมูล (Erase) เสียก่อนแล้วจึงเขียนข้อมูลใหม่อีกครั้งหนึ่ง
3. **The board reply is not correct** เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการสื่อสารข้อมูลระหว่างโปรแกรม FLIP กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เกิดความผิดพลาดในลักษณะของ Framing Error ขึ้น ซึ่งปัญหาอาจเกิดจากการกำหนดค่า Baudrate ไม่ถูกต้องกับค่าความถี่ของ Crystal ที่ใช้กับบอร์ด
4. **The RS232 port could not be opened** เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากโปรแกรม FLIP ไม่สามารถสั่งเปิดการทำงานของพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 ของเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ได้ ซึ่งอาจเกิดจากการกำหนดหมายเลข Comport ในโปรแกรมที่เลือกไว้ไม่มีอยู่จริง หรือมีโปรแกรมอื่นเรียกใช้งาน Comport นั้นค้างอยู่ หรือเรียกใช้งานโปรแกรม FLIP ในขณะที่กำลังสั่งเปิดโปรแกรมอื่นๆที่มีการใช้งาน Comport อยู่ด้วย ซึ่งให้ลองปิดโปรแกรม FLIP

แล้วสั่งเปิดโปรแกรมใหม่ดู ถ้ายังเกิดปัญหาเดิมอยู่ก็อาจลองตรวจสอบสาเหตุอื่นๆที่เกี่ยวข้องและทำการแก้ไข

5. **Check sum error** เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการที่ CPU รับข้อมูลที่ส่งไปจากคอมพิวเตอร์ PC ไม่ครบถูกต้องทั้งหมด ซึ่งปัญหาอาจเกิดจากการกำหนดความเร็วในการสื่อสาร Baudrate เร็วเกินไป หรือกำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับค่าความถี่ Crystal ให้ลองเปลี่ยนค่า Baudrate ให้ช้าลงกว่าเดิม ซึ่งค่าที่เหมาะสมได้แก่ 9600, 19200 และ 38400 แต่ถ้าคอมพิวเตอร์ไม่เร็วมากนักก็อาจกำหนดเป็น 57600 หรือ 115200 ก็ได้ แต่ถ้ากำหนดค่าสูงๆแล้วเกิด Error ควรลดค่า Baudrate ให้ช้าลงกว่าเดิม
6. **การสั่ง Load HEX ไม่ได้** เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการที่โปรแกรม FLIP ไม่สามารถอ่านข้อมูลใน HEX File ออกมาได้ ซึ่งอาจเกิดจากไฟล์ที่สั่งโหลดนั้น ไม่ใช่ไฟล์แบบ Intel HEX เนื่องจากโปรแกรม FLIP สามารถใช้งานกับไฟล์แบบ Intel HEX เท่านั้น ส่วนไฟล์ในรูปแบบอื่นๆจะไม่สามารถนำมาใช้งานกับโปรแกรมนี้นี้ได้ ส่วนปัญหาอีกประการหนึ่งที่มักพบอยู่บ่อยๆ คือโปรแกรม FLIP ไม่สามารถอ่าน HEX File ได้ทั้งๆที่ไฟล์ที่สั่งให้อ่านนั้นเป็นไฟล์แบบ Intel HEX อยู่แล้ว ซึ่งที่พบอยู่บ่อยๆก็ได้แก่ HEX File ที่สั่งแปลโดยใช้โปรแกรม Assembler ของ SXA51.EXE เนื่องจาก HEX File ที่ได้จากการแปลของโปรแกรมตัวนี้จะเกิดบรรทัดว่างอยู่ในไฟล์ในส่วนเริ่มต้นบรรทัดแรกด้วย 1 บรรทัด ซึ่งตามรูปแบบของ HEX File แล้ว ในแต่ละบรรทัดของไฟล์จะต้องเริ่มต้นด้วยเครื่องหมายโคลอน (:) แล้วตามด้วยข้อมูลต่างๆในบรรทัดนั้น แต่เมื่อบรรทัดแรกเป็นบรรทัดว่าง โปรแกรมจึงแสดง Error ว่าไม่ใช่ HEX File โดยโปรแกรม FLIP จะแสดง Error ให้ทราบดังนี้



สำหรับวิธีการแก้ไขปัญหานี้ให้ใช้โปรแกรม UltraEdit หรือ Text Editor เปิด HEX File ที่ได้จากการแปลของ SXA51.EXE แล้วตัดบรรทัดว่างในไฟล์นั้นทิ้งไปแล้วสั่งบันทึกใหม่ก็จะสามารถนำไปใช้ได้แล้ว



```
:10000000758921759850D2BCC2ACC2A9C2AB74FB31
:1000 บรรทัดว่างที่ได้จากการแปล AF1200880D0A0AE4
:1000 ของโปรแกรม SXA51 043502D4A52359A
:100030003141433220563120262056322028313299
:100040002D436C6F636B290D0A50726573732041E9
:00000001FF
```

รูปแสดง ลักษณะของ HEX File ที่ได้จาก SXA51 ซึ่งจะเกิดบรรทัดว่างอยู่ 1 บรรทัด

```
:10000000758921759850D2BCC2ACC2A9C2AB74FB31
:10001000F58DF58BD28CD28ED2AF1200880D0A0AE4
:1000200044454D4F20544553542043502D4A52359A
:100030003141433220563120262056322028313299
:100040002D436C6F636B290D0A50726573732041E9
:00000001FF
```

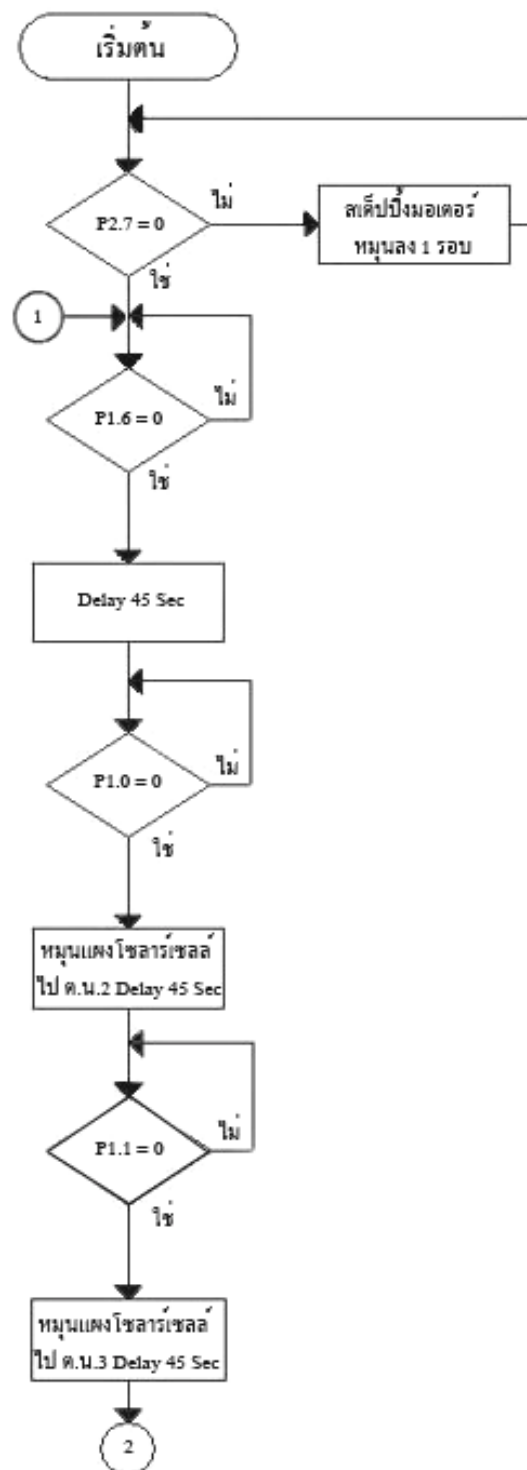
รูปแสดง ลักษณะของ HEX File ที่สามารถใช้กับโปรแกรม FLIP ได้หลังตัดบรรทัดว่างทิ้งไปแล้ว

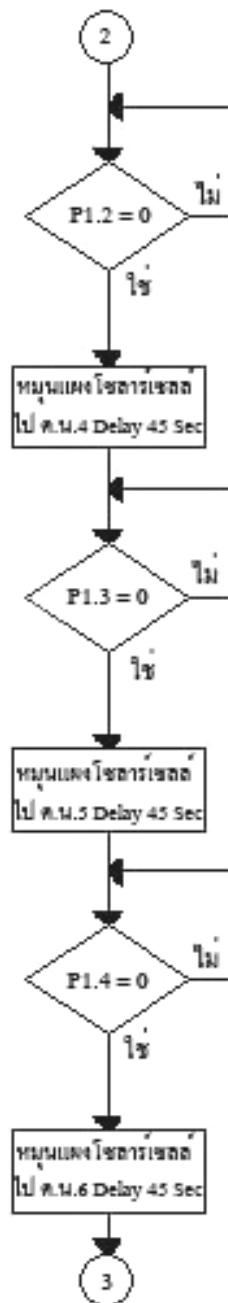
7. เมื่อสั่งโปรแกรมข้อมูลให้กับ CPU เรียบร้อยแล้วหลังจากรีเซ็ตบอร์ดแล้วไม่ทำงาน ซึ่งปัญหานี้อาจเกิดจากสาเหตุความผิดพลาดหลายประการ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ คือ
  - โปรแกรมที่เขียนขึ้นไม่ถูกต้องยังไม่สามารถทำงานได้เอง ซึ่งปัญหานี้ผู้ใช้ต้องหาทางตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเอง
  - ยังไม่ได้มีการสั่ง Load HEX เข้ามารอไว้ยัง Buffer แล้วสั่งโปรแกรม (Program Device) ซึ่งโปรแกรม FLIP จะนำข้อมูลที่อยู่ใน Buffer เขียนไปยังหน่วยความจำของโปรแกรม

- สวิตช์ PSEN อาจถูกกดค้างอยู่ จึงทำให้การรีเซ็ตบอร์ดทุกๆครั้งนั้น CPU จะเข้าไปทำงานใน Monitor Mode เสมอ ซึ่งปัญหานี้สามารถตรวจสอบได้โดยการวัดระดับลอจิกที่ขาสัญญาณ PSEN ของ CPU ซึ่งอยู่ที่ขา 29 (DIP 40) ซึ่งควรมีสถานะเป็น “1” ถ้าไม่มีการกดสวิตช์ PSEN ไว้ และควรมีสถานะเป็น “0” ถ้ามีการกดสวิตช์ PSEN ไว้
- สวิตช์ RESET อาจถูกกดค้างอยู่ จึงทำให้ CPU ไม่สามารถหลุดพ้นจากสถานะการรีเซ็ตได้ ซึ่งปัญหานี้สามารถตรวจสอบได้โดยการวัดระดับลอจิกที่ขาสัญญาณ RESET ของ CPU ซึ่งอยู่ที่ขา 9(DIP 40) ซึ่งควรมีสถานะเป็น “0” ถ้าไม่มีการกดสวิตช์ RESET ไว้ และควรมีสถานะเป็น “1” ถ้ามีการกดสวิตช์ RESET ไว้
- ค่าของ Device BSB และ SBV ยังไม่ได้ ถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 00H ไว้ ซึ่งจะทำให้โปรแกรมกระโดดไปทำงานยังตำแหน่งที่ชี้โดย Device SBV แทน ซึ่งถ้าค่าของ Device SBV ไม่ใช่ ศูนย์ก็จะมีเหมือนกับว่าโปรแกรมไม่ทำงาน ซึ่งการแก้ไขปัญหานี้ หลังจากส่งโปรแกรมข้อมูลให้กับ CPU เรียบร้อยแล้ว ควรกำหนดให้ค่าของ Device BSB และ Device SBV มีค่าเป็น 00H ไว้ทั้งคู่

ภาคผนวก ข  
โปรแกรมควบคุมการทำงาน

## โฟลวชาร์ตของโปรแกรมควบคุมการทำงาน





## โปรแกรมควบคุมการทำงาน

```
;=====
;=====

Port0_0      EQU   P0.0    ;LED 1
Port0_1      EQU   P0.1    ;LED 2
Port0_2      EQU   P0.2    ;LED 3
Port0_3      EQU   P0.3    ;LED 4
Port0_4      EQU   P0.4    ;LED 5
Port0_5      EQU   P0.5    ;LED 6
Port0_6      EQU   P0.6    ;LED 7
Port1_0      EQU   P1.0    ;Input 1 (ULN2003)
Port1_1      EQU   P1.1    ; Input 2 (ULN2003)
Port1_2      EQU   P1.2    ; Input 3 (ULN2003)
Port1_3      EQU   P1.3    ; Input 4 (ULN2003)
Port1_4      EQU   P1.4    ; Input 5 (ULN2003)
Port1_5      EQU   P1.5    ; Input 6 (ULN2003)
Port1_6      EQU   P1.6    ; Input 7 (ULN2003)
Port1_7      EQU   P1.7    ; Input 8 (ULN2003)
Port2_0      EQU   P2.0    ; Output(Stepping Motor)
Port2_1      EQU   P2.1    ; Output(Stepping Motor)
Port2_2      EQU   P2.2    ; Output(Stepping Motor)
Port2_3      EQU   P2.3    ; Output(Stepping Motor)
Port2_6      EQU   P2.6    ; Output (Fan)
Port2_7      EQU   P2.7    ; Reset

ORG          8000H

SETB        Port2_6      ; Fan ON

CALL        LoopClear_P2 ; Clear Phase1-4
```



```

Reset_system:  JNB  P2.7,Start
                CALL Step_Down
                JMP  Reset_system

Start:         JNB  P1.6,Step
                JMP  Start

Step:         SETB  Port2_6      ; Fan ON
                CLR  Port0_0      ; LDR 1 ON
                CALL DELAY_45SEC

Compare_1:    JNB  P1.0,Step_1
                JMP  Compare_1

Step_1:       MOV  R0,#24

Start_1:      CALL Step_Up
                DJNZ R0,Start_1
                SETB Port0_0      ; LDR 1 OFF
                CLR  Port0_1      ; LDR 2 ON
                CALL DELAY_45SEC

Compare_2:    JNB  P1.1,Step_2
                JMP  Compare_2

Step_2:       MOV  R0,#18

Start_2:      CALL Step_Up
                DJNZ R0,Start_2
                SETB Port0_1      ; LDR 2 OFF
                CLR  Port0_2      ; LDR 3 ON
                CALL DELAY_45SEC

Compare_3:    JNB  P1.2,Step_3
                JMP  Compare_3

```

```

Step_3:      MOV   R0,#18
Start_3:     CALL  Step_Up
             DJNZ  R0,Start_3
             SETB  Port0_2      ; LDR 3 OFF
             CLR   Port0_3      ; LDR 4 ON
             CALL  DELAY_45SEC
Compare_4:   JNB   P1.3,Step_4
             JMP   Compare_4
Step_4:      MOV   R0,#22
Start_4:     CALL  Step_Up
             DJNZ  R0,Start_4
             SETB  Port0_3      ; LDR 4 OFF
             CLR   Port0_4      ; LDR 5 ON
             CALL  DELAY_45SEC
Compare_5:   JNB   P1.4,Step_5
             JMP   Compare_5
Step_5:      MOV   R0,#28
Start_5:     CALL  Step_Up
             DJNZ  R0,Start_5
             SETB  Port0_4      ; LDR 5 OFF
             CLR   Port0_5      ; LDR 6 ON
             CALL  DELAY_45SEC
Compare_6:   JNB   P1.5,Step_6
             JMP   Compare_6
Step_6:      MOV   R0,#20
Start_6:     CALL  Step_Up
             DJNZ  R0,Start_6

```

[illegible]

```

Step_M1:      SETB   Port2_0
               CALL   DELAY100MS
               CLR    Port2_0
               SETB   Port2_1
               CALL   DELAY100MS
               CLR    Port2_1
               SETB   Port2_2
               CALL   DELAY100MS
               CLR    Port2_2
               SETB   Port2_3
               CALL   DELAY100MS
               CLR    Port2_3
               RET

```

\_\_\_\_\_

[illegible]

```

Step_M2:    SETB  Port2_3
            CALL  DELAY100MS
            CLR   Port2_3
            SETB  Port2_2
            CALL  DELAY100MS
            CLR   Port2_2
            SETB  Port2_1
            CALL  DELAY100MS
            CLR   Port2_1
            SETB  Port2_0
            CALL  DELAY100MS
            CLR   Port2_0
            RET

```

```

;=====

```

```

LoopClear_P2: CLR   Port2_0
              CLR   Port2_1
              CLR   Port2_2
              CLR   Port2_3
              RET

```

```

;=====

```

```

;=====      DELAY      =====

```

```

DELAY_45SEC: MOV  R7,#45      ; 45*1SEC=45SEC

```

```

DLY45SEC:   CALL  DELAY_1SEC ;DELAY 1 SEC

```

```

            DJNZ  R7,DLY45SEC

```

```

            RET

```

```

DELAY_1SEC: CALL  DELAY_500M ;DELAY 500 MSEC

```

```

            CALL  DELAY_500M ;DELAY 500 MSEC

```

```

            RET

```

```

DELAY_500M: CALL  DELAY100MS ;DELAY 100 MSEC
             CALL  DELAY100MS ;DELAY 100 MSEC
             CALL  DELAY100MS ;DELAY 100 MSEC
             CALL  DELAY100MS ;DELAY 100 MSEC
             CALL  DELAY100MS ;DELAY 100 MSEC
             RET

```

```

DELAY100MS: MOV   R6,#200           ; 200*500=100MS
DLY100MS:   CALL  DELAY500U   ; DELAY 500 MICROSEC
             DJNZ  R6,DLY100MS
             RET

```

```

DELAY500U:  MOV   R5,#230           ;1 MC
             DJNZ  R5,$           ;(230*2)MC*12/1111.05292
             RET                   ; =499 mSEC

```

```

;=====
;=====

```

## บรรณานุกรม

- [ 1 ] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, ”เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช”,บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด
- [ 2 ] <http://www.chontech.ac.th/~electric/html/regulator.htm>
- [ 3 ] <http://www.lesa.in.th/space/phenomenon/season/season.htm>
- [ 4 ] <http://elec.chandra.ac.th/learn/tipntrick/ldr/default.htm>
- [ 5 ] <http://elec.chandra.ac.th/learn/tipntrick/stepping/default.htm>
- [ 6 ] <http://home.cogeco.ca/~rpaisley4/Comparators.html>
- [ 7 ] <http://www.ptasia.biz/s0204/index.php?pgid=>
- [ 8 ] <http://www.atmel.com>

## ประวัติผู้เขียน

นายณราธิป ศรีละโคตร เกิดเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2528 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ต.โนนสูง อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน ยางตลาดวิทยาคาร อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ ปัจจุบันเป็นนักศึกษาปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นายสมโชค จากรณ์ย์ เกิดเมื่อวันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ.2528 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ต.บ้านบัว อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน บัวหลวงวิทยาคม จ.บุรีรัมย์ เมื่อปีพ.ศ.2547 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นางสาววราภรณ์ พรหมาศ เกิดเมื่อวันที่ 21 เมษายน พ.ศ. 2528 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ต.ปากน้ำโพ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน สตรี นครสวรรค์ จ.นครสวรรค์ ปัจจุบันเป็นนักศึกษาปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี